钱学森科学和教育思想研究文集

李
敏
主编





上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS





ISBN 978-7-313-10996-5

定价：36.00元



钱学森科学和教育思想研究文集

李佩 郑哲敏 主编



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

2011年年底，中国科学院请著名力学家郑哲敏先生组织了纪念钱学森百年诞辰报告会，全面介绍钱学森先生在工程科学、工程科学的教育以及系统科学三方面的贡献和思想。为了筹办这次报告会，李佩先生和郑哲敏先生组织专家们进行了充分的酝酿、研讨和准备。本文集比较集中地反映了专家们最近三年来的个人研究和集体讨论的成果，希望其出版能起到激发和引导读者进一步了解和研究钱学森科学和教育思想，以及寻找“钱学森之问”答案的兴趣。

图书在版编目(CIP)数据

钱学森科学和教育思想研究文集/李佩，郑哲敏主编．—上海：上海交通大学出版社，2014

ISBN 978-7-313-10996-5

Ⅰ．①钱…　Ⅱ．①李…　②郑…　Ⅲ．①钱学森(1911～2009)-科学思想-文集　②钱学森(1911～2009)-教育思想-文集

Ⅳ．①K826.16-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第052915号

钱学森科学和教育思想研究文集

主　　编：李　佩　郑哲敏

出版发行：上海交通大学出版社

地　　址：上海市番禺路951号

邮政编码：200030

电　　话：021-64071208

出 版 人：韩建民

印　　刷：常熟市文化印刷有限公司

经　　销：全国新华书店

开　　本：710mm×1000mm　1/16

印　　张：11.75

字　　数：230千字

版　　次：2014年4月第1版

印　　次：2014年4月第1次印刷

书　　号：ISBN 978-7-313-10996-5/H

定　　价：36.00元

钱学森科学和教育思想研究文集

QIANXUESEN KEXUE HE JIAOYUSIXIANG YANJIUWENJI

主　　编　李　佩　郑哲敏

策　　划　李伟格

编　　委　谈庆明　金　和　朱照宣

　　　　　王克仁　盛宏至　李伟格

摄　　影　王　磊　李伟格　郁百杨　小　夏　赵文利

中国科学院钱学森科学和教育思想研究会

中国科学院科技翻译工作者协会力学研究所分会

序言

2010年10月30日，中国科学院领导在纪念钱学森先生逝世一周年的座谈会上，提出要组织"钱学森科学思想"的研究。实际上，当时中科院院士工作局已经着手组织我们开展这项研究。本文集就是其研究成果之一。

钱学森在科学技术领域的经历大体可以分为三个阶段：① 1937—1955，工程科学的研究；② 1956—1982，导弹的研制；③ 1978—2005，系统科学的研究。

社会上一般认为钱学森的科学贡献，主要是领导和指导我国的火箭导弹的研制，使我国成为世界上第三个拥有核导弹的强国；而对于这位战略科学家的科学贡献和思想，则知之甚少。最早系统组织钱学森学术思想研讨是在2001年，由北京大学哲学系举办"钱学森学术思想研讨会"，邀请了十几位专家分别从力学、工程控制论、管理科学、地理科学、系统工程和科学学等诸多领域介绍钱学森的科学贡献和思想，会后出版了会议文集《钱学森与现代科学技术》①。

中科院力学所对钱学森学术思想的研究是从1996年郑哲敏主编

① 北京大学现代科学与哲学研究中心主编，《钱学森与现代科学技术》，北京：人民出版社，2001.

《钱学森手稿》[1]开始的。2008年，钱学森先生的儿子钱永刚约请李佩先生组织资深科学家，把钱先生在美国的研究成果"Collected Works of H. S. Tsien 1938—1956"翻译成中文，并由上海交通大学出版社出版[2]。在翻译过程中，专家们又一次系统地学习和讨论了钱先生的工程科学思想。特别是李佩先生邀请郑哲敏先生为中译本撰写了序言，对钱先生的工程科学和教育思想作了精炼的介绍和总结。

2011年年底，中国科学院请郑哲敏先生组织了纪念钱学森百年诞辰报告会，全面介绍钱先生在工程科学、工程科学的教育以及系统科学三方面的贡献和思想。为了筹办这次报告会，李佩先生和郑哲敏先生组织专家们进行了酝酿、研讨和准备。

本文集比较集中地反映了专家们最近三年来的个人研究和集体讨论的成果，希望其出版能起到激发和引导读者进一步了解和研究钱学森科学和教育思想，以及寻找"钱学森之问"答案的兴趣。

中国科学院力学研究所 研究员

谈庆明

---

① 郑哲敏等编，《钱学森手稿》，太原：山西教育出版社，2000.

② 李佩主编，《钱学森文集 1938—1956》——"Collected Works of H. S. Tsien 1938—1956"的中译本，上海：上海交通大学出版社，2011.

目录

李政道与『求答钱学森之问』

『首届创新中国论坛』述要

李 佩

中国科学院研究生院 教授

我现在简单地向大家汇报一下我所参加的一个报告会。由于时间关系，只能很简单地谈一下。这是李政道主办的一个论坛，它的全名叫做“首届创新中国论坛”。我总觉得这名字起得并不太好，主题范围不够明确。

论坛的背景

这个论坛是由几个单位一起来组织的，2010 年主要的议题是：“求答钱学森之问：中国如何培养创新人才”。据我所知，其中“求”这个字，是李政道提出的，他觉得我们对钱先生所提问题不能只是答，一定得要加上一个“求”，我想他是在表达对钱先生的一个尊敬。这个论坛有四个主办单位，第一个是中国高等科学技术中心，其实就是李政道在中国科学院的一个办公室。每次李政道回国都会在这个办公室写文章，或者做什么工作，或者邀请一些人会谈，都是在这个办公室。

李政道住的地方一般也不是什么宾馆，北京大学有一些高级老教授的宿舍区，是一栋一栋的房子，李政道在其中有一栋房子，他每次回来之后就住在这个地方。另外三个主办单位是中国海洋大学、北京师范大学、科学时报社。科学时报社的一位社长和一位副总编都在会上，会议的报道都是他们做的。开会的地点就在北京师范大学。

最早的时候人家跟我说，这次会议的内容涉及钱学森先生。我当时就跟他们说，我去了大概没有多大的意思，我也谈不出多大的道理来，还是推荐谈庆明去吧。结果谈庆明要去参加中国科学院召开的纪念钱学森的座谈会，没法参加这个会。后来我听他们说，李政道当天要做一个主题报告，我决定去参加这个会，主要就是因为李政道要主讲“求答钱学森之问”。

因为我跟李政道很熟，从1978年到1988年十年的工夫在一起搞CUSPEA，就是中美联合培养物理学研究生项目——China U. S. Physics Examination and Application Program。英文用的是Application Program，后来就翻译成研究生培养项目。李政道在这十年主持这个项目的时候，所有的英文考试题目都是我给出的，而且负责评卷工作。那个时候主要的事情由一个委员会主管，而委员会主任就是严济慈，他是中国科学院的副院长。另外，李政道一切的来往，还有很多跟中国科学院要商量的事情，都是通过严济慈。

我今天要介绍的就是他的这个“首届创新中国论坛”，他的意思是先办首届，以后还有第二、第三届吧。这个论坛于2010年10月30日举行，其会议手册中介绍，一天的活动分上下午，我只是参加了上午的会。上午的会当然有一个开幕式，主持人是科学时报社的社长。主持人介绍召开这个会的背景，接着还有北京师范大学常务副校长致词。重要的是第三项，先由中国科学院生物物理研究所研究员、中国科学院院士王志珍致词，她谈了会议的重要性，然后简单介绍了一下李政道先生，9:00—9:40是李政道的报告。他的身份的是美国哥伦比亚

大学的教授、诺贝尔物理学奖获得者。

李政道主讲“求答钱学森之问”

李政道先生亲自担任论坛的主席并主讲“求答钱学森之问”。他认为钱老也是他的前辈(其实李政道今年已大约84岁),他就说单用一个“答”字好像不大合适,所以他就用了“求答钱学森之问”。

那天李政道讲了约一小时,他首先介绍了钱学森先生,再讲到他自己。

报告的第一部分介绍了钱学森的教育背景,还有他的成就。从师大附中到交通大学,到美国麻省理工学院,到加州理工学院,从学机械到理工结合,李政道用事先准备好的光盘介绍了钱学森的家庭、学习等等。钱学森从年轻的时候一直到年纪大的时候的照片、加州理工学院等等的相片都播放出来。再有就是钱学森在加州理工学院的导师冯·卡门(Theodore von Kármán),也把他的相片播放出来,说明钱老受教育的背景。刚才大家听到郑哲敏和谈庆明都谈到钱学森的科学和教育思想,也提到他所受的教育。

关于李政道本人,他自己也简单地讲了一下。早年的时候,他先是在苏州东吴(大学)附中学习,没毕业就去了浙江大学。抗日战争时期,浙江大学搬到贵州,所以他就到了贵州去上浙江大学。但去了不久,贵州那边遭日本人轰炸和入侵,所以他就到昆明西南联大求学。其实他在西南联大时间并不长,也就是一年的光景。他在贵州时已经有他所佩服的老师,一个是束星北,一个是王淦昌,他说“是他们引导我学习物理”,从此他对物理深感兴趣。

他到西南联大不久,当时物理系的名教授吴大猷和叶企孙先生,很快发现他和杨振宁的物理基础很扎实,知识面很广,认为是可造就之才,就选拔保送他们两个人到美国芝加哥大学费米(Fermi)实验室

进修，由中国政府资助。所以他对吴大猷也是非常的佩服。有一年庆祝吴大猷生日的时候，李政道还去了台湾(1949 年后，吴大猷去了台湾，是台湾“中央研究院”的院长)。他说，他在西南联大待的时间不太长，但是每次他提到西南联大的时候，他都觉得在那里学了不少的东西。

学与问

李政道谈到应该怎么学习，说学习不只是学，重要的是要问。后来他又在好几个地方谈到过，在《大学周刊》有一篇报道，李政道就提到“要创新，需学问。只学答，非学问”。只是学会在课堂上回答课本上的问题，这个不是学问；学问的道理，有学必要问。还有“要创新，需学问。问愈透，创更新”。你的问题提得透，提得很深入，这样你创出来的东西才能够真正的很新。所以我觉得这几句话对于我们年轻学生很有用处，不要死抱课本。

西南联大能培养出许多创新人才的原因

李政道说，他在西南联大的收获是西南联大的精神：一个是爱国，一个是科学和民主自由。他提到了一位工程院院士秦伯益写的一本书。他感慨地说，我把《联大八年》这本书看了多少遍，我就觉得联大并非只有八年，还传承了北大、清华、三校的校风——“学术自由，兼容并包”。西南联大所以能出那么多人才，主要的就是因为三所学校联合，三所学校本来办学的宗旨不完全一样。三所学校的老师又都汇聚在一起，每个老师的想法也不完全一样。学生在课堂上可以听到不同学派的观点，你可以学到的东西就很多，眼界非常开阔。而且教授们都鼓励学生提问，当堂辩论，发表个人的见解，教学方式非常灵活，学

生也自然养成了思考问题的习惯。这样的大学能培养出有特长和个性的人才。李政道就说，那个时候，就是因为西南联大整个学校的气氛是爱国、科学、自由、民主。所以联大虽然时间不长，可是出了很多很多人才。所以他就觉得他在联大所受的教育，对他而言，是一生可以享用的。

费米实验室　“一对一”的精英教育方式

关于他自己后来的工作和成就，李政道没说什么。但是就我知道的，他认为后来对他最有影响的就是芝加哥大学的费米导师和他的实验室，他就是在那儿进修和工作的。当时杨振宁和他两人都是在费米实验室，所以后来有一段时间有人就评论他们两个得诺贝尔奖的研究成果到底是谁先想出来的。其实我觉得这个问题不值得去纠缠，值得反思的是他们都受到费米的指导和培养，才使他们两人于 1957 年一起荣获诺贝尔奖。这是第一次由华裔学者获得此项荣誉。

李政道在这个报告会上，把自己在费米实验室所受的教育向大家介绍了一下。他回忆那段时间最珍贵的事情就是费米教授的提问。费米特别重视培养学生的独立思考能力，会花很多时间来提高学生的研究兴趣。他每周都要和研究生一对一地讨论指导学生的研究课题，李政道对此感受很深。后来他自己培养学生也一直是这样做的。他说当时有名望、非常有学问的大学者，他们带学生的方法都是一对一的。并不是带一大堆的学生，一个导师带着十七八个学生，就像现在咱们国内有很多的大学就是这样，很多的研究所也是这样，结果学生中哪个是张三，哪个是李四，导师都不认识。费米他们的方法就不是批量作业，都是一对一。有一次我还问李政道，我说你用的是一对一的方法，那么你到底一年招几个学生？我在想，如果他招了七个八个，他这一对一不就忙不过来了。他说，不，一般我一年就招一个学生；假

定那年遇到特别好的学生，我就招两个。他说这我就已经忙不过来了。你看你要培养一个博士，至少要花四年五年才能出师，这样今年招的和前几年的加起来就有好几个了，六七个了。这六七个人他每一天都要一对一地去问指定的哪一篇哪一篇文章看没看，有什么问题。学生提出问题，他就和他们一起讨论。李政道就是特别重视这个"问"字，学问学问，一定要学着"问"问题。所以我就觉得他这个方法和我们现在国内有些大学的做法相比，应该说是很传统，但是也很先进。你看前面提到的，不管是钱学森也好，李政道也好，他们都是大师，科学大师；可是他们怎么教学生，他们怎么带学生呢？他们就是这样把学生带出来的。我想，刚才我提到的这些，对于各位在座的年轻的同学，也许有些帮助。

李政道"求答钱学森之问：中国如何培养创新人才"，他给出的一个破解之法，就是这种"一对一"的教育方式。

关于李政道：
不但是学者，也是社会活动家，做了很多公益的事情

(1) CUSPEA

李政道除了本身是一个学者之外，还做了很多公益的事情。如刚才我提到的 CUSPEA——中美物理学研究生培养项目。他很重视科技人才的培养，1979 年正式向中国科学院负责学术工作的副院长严济慈提出，要帮助中国培养年轻的物理学留美研究生。1979 年先后两次收了共 18 名学生，1980 年开始面向全国招生，1979 — 1989 年 10 年送出去留学的学生共 915 人，由他争取到美国几十所大学的全额资助。至今，每年暑假在研究生院中关村教学楼举行 CUSPEA 讲座，由早年 CUSPEA 学成回国的学生和华光（研究生院外办）负责。每年都

有在美国工作的 CUSPEA 学者回来汇报他们在美国的科技前沿项目，对国内有什么可借鉴的研究方向和内容。CUSPEA 学者并非都留在国外，很多人回来在许多大学或研究单位工作。

除此之外，李政道另外一方面就是他怎么做学问。他处理很多问题都是用做学问的方式，就是一定要调查研究，要非常认真，做一件事情一定要坚持到底。

说到调查研究，我记得有一次，李政道到我们这里来筹备培训物理研究生这件事，大概是 1976、1977 年的时候，在我们玉泉路研究生院的校舍。那时学校门前还是挂着两个牌子，一个是中国科技大学研究生院，一个是中国科学院研究生院。那个时候中国科技大学虽然已经搬到合肥去了，但是关于研究生的这一部分，当时的口号还是“所系结合”，研究所和科大的系是结合在一起的。到了研究生培养的阶段，因为“所系结合”，很多学生就要到北京来，到研究所里去。那个时候，研究生院在玉泉路，那边学生宿舍也不够，教室也不多。记得我刚去玉泉路那边教书的时候，我们都是用的那种木板简易房子，非常简陋，上面是铁皮屋顶的那种，一下雨就哗啦哗啦响。李政道到学校里去访问，我们学校的一位教务长吴塘接待他，对他说，真是对不起，我们学校现在一切都还很简陋，我们的办公室、一些课堂还有学生宿舍，都是这种木板房子。李政道就说，比起当年我们在西南联大的时候这条件已经好多了。当年我们在西南联大，我就觉得虽然生活是很艰苦，但是我却学了不少东西。所以房子好坏，这个不是问题。主要就是我们培养出来学生的质量，这个是重点。我觉得，李政道这个讲话，应该对我们当时的学校领导也是一个很好的教育。

(2) 建议创办高能物理研究所和建立博士后制度

李政道不但是一个学者，他也是一个社会活动家。比如我们建立高能物理研究所，也是他提出来的。后来高能物理研究所要动工奠基

的时候,邓小平也去了,邓非常赞赏他这个想法。还有一件事,就是他建议在中国引进建立博士后制度。当时我们虽然有了博士,但是他认为单是这个还不够,你是读了博士、硕士,你只不过是在导师的指导下,导师想出来哪一个课题,还有哪一个部分还没有做完,告诉你现在就来继续做这个题目。可是博士后就不一样了,虽然他不是完全没有导师,也还是有导师的,但导师就不怎么管你了,就让你自己去真正地锻炼,自己来选一个课题,整个论文等等都是你自己来做,你就是准备将来能够指导别人了。虽然博士后做的也许还有一些不恰当的地方,导师会跟他提出来。所以李政道对我们国家还是做了不少创新的事情。

(3) 箬政基金与两岸学子交流

另外还有一件事情。1998 年 11 月 29 日,李政道在他夫人过世后,把他们多年积蓄的一大笔钱拿出来,设立了教育基金。他的夫人名秦惠箬,为纪念他的夫人,所以叫"箬政基金"。这笔基金提供给很多的大学,鼓励大学生一定要很好地研究学问,打好基础等等,学得好的就可以给他一笔奖金。他们这个教育基金在大陆主要做了这件事情。

此外,箬政教育基金还创办了另外一件很有意义的事情,就是发起并资助两岸大学生利用暑期进行交流。他到台湾新竹对新竹清华大学的校长说,要促成大陆和台湾的互相了解,而互相了解的关键还在于年轻人,所以他的基金里主要的部分就是要做这个事情。每年暑假有六个星期,让台湾那边若干数量的学生(大约二三十人)到大陆来,分别住在大陆的大学,最早是北大、清华的学生宿舍,与这边的学生互相交流;大陆大学同样数量的学生住到台湾新竹清华还有其他的台湾院校,互相交流,后来大陆这边参加的大学增加到不同地区的十三所。这些交换的学生名为"箬政学者"。主要目的就是为了让两岸

的青年多一点谅解，多一点了解，增进对双方的社会生活、文化的了解，所以这件事情非常有意义。李政道就讲，我们要使得年轻人在一起互相认识，互相交朋友，这样也许就可以促进祖国的统一，他是有这个思想。我有一本书就是讲他这个基金所起的作用，将来我会把这本书放在力学所的图书馆。台湾那边的学生就写了一些他们的感想，写了一些他们真正对大陆的了解。大陆的学生也谈他们到了台湾之后所获得的一些印象。我觉得这些确实是非常有意义。我那天还问了李政道这项活动是否仍在进行，他说是的。我这里有一张 2007 年 2 月 16 日《科学时报》（A3 版）柳怀祖的文章《为年轻人创造机会——“箬政基金”九年纪实》，算来到现在已进行了 11 年了。这篇文章还叙述了惠箬夫人生前就关心祖国的科学和教育，她病重时还叮嘱李政道先生要多帮助祖国的年轻人，尤其是女学生。

我记得那天在会场上，李政道主讲“求答钱学森之问”之后，有一个时间允许大家提问，有些听众的问题是，他们没听懂钱、李的学术成就。我就补充了几句话，是关于李政道对我们国家在发展科学事业方面的贡献，其中我主要介绍了箬政教育基金。

钱、李两位科学大师的共同点

(1) 注重打基础，治学严格

由于时间的关系，其他的我不再多谈，我只想说一下个人的看法，就是我认为钱老也好，李政道也好，他们都有一些共同的地方。一个是他们非常注重打基础，做学问一定要非常认真地打基础。

他们治学非常严格。中国科技大学第一届学生，由于受大跃进运动影响，数学成绩不好，钱学森决定自己管的力学系延长一学期补数学。李政道的 CUSPEA 选拔，每次报名千余人，10 年只选送 915 人留美。

(2) 爱好艺术，注重科学与艺术的结合

钱老生前不止一次跟我们谈到，有时脑中正思考一个问题，听到周围的音乐，突然会受到启发。他自己会吹长笛，在音乐上也很有素养。他的夫人蒋英是搞音乐的，她是一个歌唱家。钱老说过好几次，他说我从蒋英这儿得到很多的启发，有时她在那儿弹琴或教到家里来学唱的学生，我听着她们的音乐，就得到很多的启发。也许对于正在考虑的科学上的问题，听了她们的音乐之后，我就有想法了，我的问题就解决了。

李政道也认为科学与艺术是不分的，他自己会画画。我这里有一张贺年片，虎年的，这上面就有他画的一只虎。记得有一次，协助他工作的柳怀祖把李政道画的画收集成册，送给我一本。这几天我想找出来给大家看一看，可是没有找到。

有一件事我一定要提的。早年的时候，李政道每年都要办一次学术会议，每次都有一个物理方面的专题。为了配合这个专题，办会的时候他都要请一位国内知名的国画家，如李可染、吴作人、华君武、常沙娜，还有一些北京艺术学校年轻的学生，画得很好的，他请这些人为他这个会议画一张中国画，刊登在他发出的学术会议的海报上。我估计他是以自己对艺术爱好来吸引各国物理界人士的兴趣。

十多年前，我曾请常沙娜来给我们做过一次报告，那时还没有用力学所的这个大讲堂。我说你是搞艺术的，你怎么能把李政道那次论坛所要谈的主题思想，用毛笔或画画的笔描述出来？她就给我们讲，李政道一次两次三次给她解释：我这次论坛的主题是什么，想要解决什么问题。他讲得非常仔细，使她领悟到那次论坛主题“天体物理”的意义。她先做一个素描，李政道看了觉得哪一点还不对，就让她重新再修改，才画出了李先生满意的画。

那么多有名的画家都给他作画。有一年我到美国去，看见李政道

的时候，就问他，你那些画都搁在哪儿了。他说我都送给中国科学院了。回到国内后，我就问中国科学院的负责人，这些画搁在哪儿了。他们说搁在仓库里了。我说这些画价值连城，不可能再有人画这种画，怎么能搁在仓库里呢？而且这些画每一年都得让它们晒一晒太阳，让风吹一吹，否则这些画全都坏了。后来我就找柳怀祖了，因为他是李政道办公室的负责人，请他帮我让他们把这些画找出来。我对他说，这些画很有价值，你别随随便便地搁在仓库里。后来，我和柳怀祖一起办了一个展览会，就在中关村他们这个高等科学技术中心大厅办的，那次参观这些画的人还是很不少的，中关村许多研究所的人都去了。展览会后，我就跟柳怀祖讲，如果想要把这些画保存起来，你得要赶快采取措施。后来据我所知，他们搁在了某保险公司，因为他们知道怎么保管这些东西。我们那次开展览会的时候，本来不许拍照等等，后来正好吃饭的时候有科学时报的记者，我就说，咱们赶快把这些画给拍下来。现在大家如果想要看这些画，我有一个朋友设立了一个中关村老年网站，就在这上面还可以看到这些画，其他的途径我就不太知道了。

另外，就在中国高等科学技术中心，在李政道的办公室，我还看到过一件有意思的事，也是表示他这个科学与艺术结合的一个侧面。大家知道，杭州刺绣非常有名，他就把杭州最有名的刺绣能手请来，请她们把他的科学思想用刺绣的手法表达出来，绣了一幅画，可用灯光显示出来。现在这个可能还在他的办公室里，因为我去过几次我都看到在那儿。那时李政道常常回来，还专门给我们解释，这一点表示什么，那一点表示什么。我倒也看不出来，但是他却讲得津津有味的。

钱老与李政道他们都有共同点，一个是对于音乐，一个是对于绘画。虽然各有特色，但他们都觉得，科学技术与人文艺术，是应该结合在一起的。

如果大家想要知道一些详细的情况，你们可以参考图书馆里 2010

年 11 月 1 日直至 11 月 4 日的《科学时报》，每天都有这方面的内容，可以仔细地去读一读。

（由李伟格根据录音与文字讲稿整理编辑，部分内容有调整或合并。）

我心中的中国科学院

记我为中科院开创的二三事

李 佩

中国科学院研究生院 教授

创办中国科学院科技翻译工作者协会

20 世纪 70 年代初，我任中科院研究生院外语教研室主任，有一天人事部门找我去参加外文局召开的有关翻译的会。我看到北京外国语学院的王佐良、周钰良等教授都在谈文学著作的翻译，当即向主持会议的姜椿芳教授（1953 年负责“马恩全集”“列宁全集”“斯大林全集”的翻译和出版工作的公认权威），建议重视科技翻译工作，因而导致成立了中国科学院科技翻译工作者协会，并特请当时最年轻的副院长胡启恒任会长。

参与美国哥伦比亚大学李政道教授选派留美研究生项目，先后共选派 915 名优秀学生

早在 1972 年，中美关系开始走向正常时，李政道和夫人秦慧箬回国访问，看到国内科学、教育的情况，非常忧虑，就向见到的国家领导人，提出了培养年轻人的意见。“四人帮”垮台后，振兴教育被提上日程，中国科技大学研究生院邀请李政道利用暑假期间来国内讲学，他当时开了两门课：“场论与粒子物理”和“统计物理”。地点在友谊宾馆的大礼堂。听课的人大多是来自全国大专院校的助教、讲师和学生。他由浅入深，系统地介绍了当代物理的发展前沿，并借此机会了解到一些国内的教育和科研情况，因而向时任中科院副院长的严济慈教授提出中美联合培养物理研究生项目（即 CUSPEA 项目）。1979 年，他先后两次从学生中挑选了 13 人，1980 年开始由全国招考，共进行了 8 年，每年报名的人都有一千多，但先后选送美国各大专院校的仅有 915 人。

在《CUSPEA 的十年》这本书里，负责各考场的教授和阅卷的教授们总结工作时都感到美国不同院校物理系的试题各有特点。既重视考生的基本功，又重视考生的创新理念。笔试后还有口试，一般是由拟定笔试题目的教授或陪同前来的夫人执行。口试不问与专业领域有关的问题，而是问考生读过哪些与物理有关的著名期刊，印象最深的是什么内容：为什么要报考美国的某某大学，对这所大学都了解些什么。简言之，提问者注重考生的知识面是否广博。

我当时负责英语试题（那时 TOFEL、GRE 尚未引进）。但我知道，考取的学生要到美国去学习，因此试题中特别重视听力。

最后审定选派名单的单位是 CUSPEA 委员会，我也是成员之一。

首创“自费留学”

在 CUSPEA 项目执行之前，我国教育部因看到国内教育界急需培养科技人才，公布了要全国选派 500 名优秀生公费出国深造，可是 500 个名额在分到全国各大专院校后各自能有几名？我们外语教研室的一位外教 Mary Van de Water 向我建议，她认为我们的学生专业基础很好，完全可以开创“自费留学”的途径，我认为有道理，就请她在友谊宾馆的电脑上，下载了申请美国大学攻读研究生的文件，复印了几百份。那时我还怕违背教育部的规定，请示了一位负责研究生院后勤工作的副院长——彭平。他听了我的理由后，也认为对学生有益，不妨一试，并说，如果有的学生付不出旅费，我们可以设法借给他们，他们将来会还的。

那个寒假，Mary Van de Water 带了 200 多份学生的入学申请书到香港邮局发出，因为怕国内邮局阻挠，那 200 多封申请书都先后被美国学校接收了。这消息传出去后，北大、清华等校的学生也都如法仿制。教育部知道这事后，也承认这是一条培养人才的捷径。

革新研究生院的英语教学

我负责研究生院外语教学期间，英语教学每周 16 学时，听、说、读、写各 4 学时，听、说由外籍教师任教，读、写是本国老师负责。在执行 CUSPEA 项目时，我学到一项有用的教学环节，就是“口试”。因而在研究生院每到英语学习结业时，增加了口试。要求考生用英语报告他的专业内容，能解决什么科学和社会问题。我邀请了考生的同班同学，当时没课的外籍老师和本国老师都来听讲并提问。同时，我也书面邀请了考生的导师前来听讲，并可就与考生有关的专业问题提问。

我常对学生们说，进行这样的口试，等于你们为出席国际会议做准备，是很好的预习。

对地方口音太重的学生，我要他们听录制好的“美国之音”磁带，并在我空闲时听他们一遍遍地预演。记得有一次，周培源来听他的学生口试，他说：“这个学生是宁波人，我和他讨论问题时，常常听不懂他宁波口音很重的普通话，今天他讲英语，我倒听懂了！”

老有所为、老有所学、老有所乐
——为中国科学院各研究所的离退休同志举办各类讲座

我1987年离休后，与几位有共同志趣的同志组织了“中关村老年互助服务中心”，自1998年起至2011年6月(每年1月、2月及7月、8月除外)，先后在中科大厦礼堂和力学所主楼礼堂举办各类讲座及座谈会，涉及健康、科普、文学、时事、法律、心理、文化、学术研讨、社会问题等等，不下600次。主讲人可以畅所欲言，听众可以提问、讨论，不同专业的老同志(不少年轻人对感兴趣的讲题也来参加)在这种场合，扩大了知识面，也有机会发言，交流见解，又结识了新朋友。由于我个人年老体衰、力不从心，在2011年6月10日那次会后，忍痛宣布终止了举办讲座的活动。

《钱学森文集》序

郑哲敏
中国科学院力学研究所 院士

《钱学森文集》中、英文版(以下简称《文集》)由上海交通大学出版社出版了,其中英文版部分是在王寿云(1938—1997)编的《钱学森文集 1938—1956》(科学出版社,1991)基础上修订后的新版,中文版部分则是首次与读者见面。

《文集》出版是为了纪念钱学森先生一百周年诞辰,便于更多的读者可以直接和完整地阅读和研究这位科学大师在美国学习和工作期间的公开发表的论文,便于对他的科学研究和贡献、重要思想以及治学精神有全面的领会。

中文版部分是在著名英语教授、应用语言学创始人、中国科学院科技翻译工作者协会创始人李佩先生策划和精心主持下,由中国科学院一批既具备力学专业知识又长于英语翻译的专家们经反复推敲完成的,做到了在文字和精神上忠于原著。上海交通大学出版社也为此书的出版投入了很大的力量。因此就翻译和出版的质量而言,这也是一套高水平的出版物。

为便于力学专业之外读者的阅读，仅就我个人的体会，尝试对本书的内容作一概括的介绍。

钱学森先生留美时期正值航空工业从螺桨、低速走向喷气、高速和航天工业起步的阶段，需要解决众多极具挑战性的科学问题。钱先生在这些相关领域内，提出和解决了一系列关键问题。文集刊载的论文既是这个进程的记录，也是客观的见证。

飞机以及更广泛意义上的飞行器，从低速向高速发展首先遇到的是空气可压缩性对气动力的影响问题，即可压缩流体动力学问题。1939～1946年间，他发表的研究成果主要属于亚声速领域。同一时期他的研究还包括弹性力学中的壳体稳定性问题。

在流体力学领域，他的重要贡献有三个方面。首先，他研究了可压缩性带来的两个最基本的效应，即热效应和波阻效应，给出了波阻与摩阻的比例，指出这个比例会随马赫数增加，另外还给出了气流从对飞行体冷却转化为加热的判据。第二方面是他根据导师冯·卡门的建议，研究了在较低马赫数条件下，可压缩性对机翼升力的影响。他所得到的用来对机翼升力作出修正的公式，后来被称为著名的卡门-钱公式，它在当时直接对飞机的设计起了重要作用。第三，他在前人研究的基础上，研究并证实了，在轴对称和一般条件下，理想流体流动的局部超声速无旋流场中出现极限线后，必然出现冲击波，使全局性连续无旋流场不能继续存在。这时的来流马赫数被定义为上临界马赫数，以表明这是可能存在连续无旋流场的最高马赫数。之后在与郭永怀先生合作的论文里，提出了理想可压缩流体绕流流场的严格解法，定量地求得了上临界马赫数。流场中一旦出现冲击波，机翼的阻力马上就增加，上临界马赫数是与最小阻力相对应的，因此不论在理论上还是在工程师设计的理念中都是个重要的概念。

壳体结构是减轻飞行器的有效途径。在20世纪30年代，一个困扰航空结构工程师的严重问题是带曲率薄壳结构的稳定性，因为当时

所有理论预测的失稳临界值都远大于实验值，这使工程师们陷于没有理论可遵循的困难境地。作为空气动力学的专家，在取得博士学位后，钱先生便把注意力转向这个弹性力学方面的难题，算是他出师后第一项独立的工作。在一连串论文中，他和冯·卡门首先确认这是一个具有多个平衡位形的非线性问题，建立了相应的方程；结合实验观测，第一次用能量法得出了接近实验值的临界判据。由于对这类非线性失稳现象所做的深刻分析和计算方法的实用性，这一系列研究成果对当时的力学界和航空界产生了很大的影响。

上述研究成果为钱先生在国际力学界和航空界赢得很高的声誉。

同一时段，在1939年，钱先生与马林纳发表了他在火箭方面第一篇论文。这是1937年他参加加州理工学院古根海姆航空实验室火箭小组后所做研究工作的一个组成部分。文章讨论了探空火箭的飞行弹道问题，特别联系到一种利用固体燃料以脉冲方式驱动的发动机，因为这是当时火箭小组实验所采用的方案。文章根据所得的数据指出，探空火箭所能达到的理论高度远高于当时实际已经达到的高度，因此还有很大的潜力。文章的价值首先在于它对这个问题作了深入和全面的力学分析，包括重力场变化和气动阻力的影响，它对将当时尚属初创阶段的火箭技术放到科学基础之上起到了重要的示范引领作用。脉冲驱动当然不是本质因素，因为只要脉冲的间隙足够短，它与连续驱动并无区别，正如文章指出的那样，重要的是燃料的比冲。

细心的读者会注意到，从1946年开始，《文集》中钱先生的著作在风格上有了引人注意的变化。钱先生除了继续在许多方面进行专题性质的前沿研究之外，站在更高的层次，以更广阔的视野，极富前瞻性、战略性、开创性和预见性地发表了一系列论文。这包括，“原子能”(1946)，“超级空气动力学：稀薄空气动力学”(1946)，“工程和工程科学”(1948)，“火箭和喷气推进”(1950)和“古根海姆喷气推进中心的教学与科研”(1950)，“物理力学，工程科学的新领域”(1953)，以及一系

列有关火箭控制和导航方面的论文，关于控制和导航的一批论文便是随后发表的著名专著《工程控制论》(1954)的前奏。

每一篇这样的综合性论文不仅都包含钱先生独立的研究成果，而且与其相呼应，《文集》中还另有相应领域的专题研究论文。在空气动力学方面，钱先生着重于研究真实气体在低密度、高温、高压条件下的物理特性并将其作为新的因素，体现和应用于空气动力学问题，推动了空气动力学向新领域的开拓。他系统地提出了火箭和喷气推进技术面临的科学问题，其中有些见解是十分独到的。例如，为了解决火箭发动机耐高温的问题，他提出，在发动机工作时间短的条件下，可以舍弃传统的弹性力学方法而改用流变体力学的方法；他还提出，为了实现远程和洲际火箭航行，可以设想在火箭上安装翅膀。我们知道，这种设想后来在美国航天飞机上得到了完全的实现，航天飞机正是利用这个道理实现了重返地球的长距离滑翔，克服返回地球所面临的热障问题。他深刻地体会到，为了解决高温、高压和高应力状态所带来的问题，传统的实验手段遇到了新的挑战，必须借助于原子、分子和凝聚态物质的微观理论，因此为力学提出了一个超越经典力学的新的领域，那就是物理力学。历史的发展表明：他这种思想是很超前的，如今不仅在力学，在物质的微观理论与工程技术研究相结合的方面，并且在其他众多领域已经被普遍采用。

这些综合性论文始终体现一种指导思想，那就是钱先生所倡导的工程科学思想。这既是他对导师卡门所主张的现代应用力学精神的继承和发扬，也是他自己科研和教学实践经验的总结。概括地说，钱先生认为科学包含两个部分，即自然科学和工程科学，前者是后者的基础，后者是科学与工程间的桥梁；两者的任务不同，前者的目标是发现和建立自然界的基本规律，后者的目标是建立将自然科学的基本规律转化为工程师们可以用来解决复杂条件下工程问题的科学理论。两者既有分工又相互依存。工程科学不能满足于帮助解决产业界和

工程师(以及其他应用领域)当前所面临的任务,更为主要的是要有预见和超前性,为产业的发展开辟道路。要能做到这一点,一个从事工程科学研究的专家必须掌握数学、自然科学理论和工程方面相关的知识。钱先生作为工程科学家,十分重视自然科学的基础理论和工程实践的经验,因为它们都是源泉,因此他在多篇文章里详细地解释工程科学与自然科学的差别和联系。

钱先生提出这些新的科学研究领域和工程科学(即技术科学),除了有导师和加州理工学院的优良环境外,还有更深刻的时代背景。20世纪上半叶是飞机从螺桨转向喷气推进的时代,是火箭技术从科幻走向科学,努力实现航天梦的时代,是利用电子技术实现数字计算机的时代,是成功研制原子武器和实现原子能利用的时代,是自然科学基础研究展现价值的时代,是大批科学家通过战时定向、有组织、有计划的工程研究获得丰富经验而重返校园的时代,也是美国科学和工程教育酝酿革新的时代。钱先生也是这个队伍中的一员。另外,钱先生是欧洲战事行将结束,对德国航空和火箭发展状况进行全面、实地考察的美国军方代表团的成员,随即又参与为美国空军提供的报告《迈向新高度》(Toward New Horizons)的撰写。这份多达十三卷的巨著,被认为对战后美国战略空军的发展具有重要价值。这些经历无疑也对钱先生形成工程科学思想以及掌握从总体把握问题和判断发展方向与重点的能力有重要作用。

我相信不仅力学工作者可以从阅读《文集》中获益,其他领域的科学家、相关领域的工程师、教育家、科学史和工程技术史专家、科学和技术管理专家等也都可以从中得到有益的知识。

钱学森论工程科学与工程科学教育

郑哲敏
中国科学院力学研究所 院士

李佩先生叫我来讲一讲。李先生组织我们几个人，要研究一下钱学森的科学思想和他的教育思想。一般化的介绍过去已经谈得很多了，但要深入地谈，真正掌握住他的思想，我觉得还需要做更多工作。钱先生的科学思想里最重要的部分就是工程科学思想。这里也包含着他对教育的一些看法。我以他的工程科学思想为题来讲它的一些内容，同时也讲一讲它的背景。因为一个人的思想的形成和他的环境、时代是分不开的。为了便于理解他的思想，也和大家介绍一下我所知道的一些情况。主要是讲他国外一段大概的经历，国内一段请谈庆明先生来讲。

钱学森工程科学主要论点

钱先生的工程科学思想大体上有这么几条：

（1）工程科学是自然科学与工程技术间的桥梁，也是人类

知识的一种源泉

在自然科学与工程技术之间有另外一种学问，这个学问是自然科学与工程技术之间的一个桥梁，目的是把自然科学的理论如何运用到工程技术里面去，还要把工程技术里的问题提炼成科学问题，然后用现代科学的办法来解决工程的问题，最后还要回到工程中去。工程科学也是人类认识世界的一个源泉，就像自动化、控制论，这些学问首先是从工程中来的，而不是从自然科学中来的。从工程技术的实践里，也可以发现自然规律的一些东西，它有一个反馈作用。

(2) 工程科学属于科学；工程科学要起带动工程技术的作用

工程科学属于科学类，它不是实际去做工程。工程科学要走在工程的前面，给它提供一些新的理论、新的知识、新的工具、新的技术，带动工程的发展，而不要做工程的尾巴，不是打小工的意思。这方面例子也很多，像航空、航天就特别突出，原子能也特别突出。物理学家首先发现核裂变是一种新的能源，一批物理学家，搞化学工程的，把核燃料分离出来，然后进行理论上的一些计算和判断，确认发展核能在技术上是可能实现的，因此核能技术的发展是科学先行的。我理解他的意思是，我们要特别注意利用基础研究的知识，开辟新的工程技术领域，使之在工程上发挥作用，在改造世界方面能够起些作用。

(3) 工程科学要创造性地运用最新的自然科学研究成果，又要灵活运用工程技术经验

工程科学要创造性地运用最新的自然科学理论成果，但是工程处理的问题常常是一个比较复杂的系统。自然科学的方法常常是需要简化、简化、再简化，简化到最简单的边界环境条件，把根本的规律找出来。工程科学的特点是不允许你过于简化，所以在实际环境中要解

决这些问题，完全靠自然科学的这些办法还不够，还需要有些必要的经验。

（4）工程科学的研究成果要回到工程技术中去并得到验证和进一步的发展

一些研究成果一定要回到工程技术中去，要解决问题。不能说有了理论就行了。这个观点现在仍有现实意义和针对性。我们申请项目时都说我这有多重要，对国民经济对国防建设如何如何重要，但拿回来做出结果以后，从来不告诉人家如何应用这个结果。其实很重要的是，既然搞应用的研究，就应该再回到应用中去，接受应用的检验。

工程科学的历史渊源

工程科学这种思想当然也不是钱先生一个人所想，他写了文章来专门讲这些事情，使之更加系统，但这种思想在历史上有很长的发展、很长的渊源。

古代，科学与工程技术的独立发展

说古代科学就是说希腊科学，在古代中国，只有技术没有科学，一直到近代科学进来以前。所以现在很多研究这方面的人就说，中国为什么没有发展出现代科学，理由是我们只讲究技术，没有讲究科学，希腊的精神在我们的传统文化里是缺失的。比如把探索大自然的奥秘作为自己生活中的目标，在中国古代，也许在百家争鸣，诸子百家的时候有这样的萌芽，到后来独尊儒学以后，基本就没有了。真正把几何学作为一种纯粹的数学来研究是在希腊。欧几里得几何这么严密的论证，公设、公理、定理、原理等等这一套东西，在中国也是没有的。在古代科学中，科学、工艺与技术是独立发展的。

近代，培根的实验科学思想与古希腊科学思想开始结合；出现“无形学院”，英国皇家学会宗旨，科普性组织，月光社；随后，出现瓦特与蒸汽机。

在近代，英国培根批判希腊的科学思想，特别是柏拉图的唯理性，提倡实验科学的精神。什么东西都要有实验验证。如果过去是一种推理的，那么现在是一种归纳的，他提倡这种精神。与古希腊科学思想结合起来，就既有推理，又有归纳。

在这种思想影响下，在英国社会上形成“无形学院”，大家组织起来对一些感兴趣的问题进行讨论，其中有科学家、工艺师和其他所有感兴趣的人。这就是英国皇家学会的前身。

英国皇家学会的宗旨是“增进关于自然事物和一切实用技艺、制造、机械和工程方面的知识，并利用实验来从事发明和发现，以期建立一个理解自然和指导技艺的实验哲学体系”。这样就把两者结合起来了。

后来英国成立皇家学会，在一些城市成立很多科普性组织，有一个城市的叫月光社；月光社的成员里有一些科学家和社会上的工艺师。

瓦特是搞仪器的，在与这些人的交流中就在蒸汽机上做了很重要的发明，最重要的是发明冷凝器，大大提高了蒸汽机的热效率。这是瓦特最主要的贡献。当时蒸汽机的类型很多，瓦特不是第一个发明蒸汽机的人，他是第一个用冷凝器提高蒸汽机效率的人。

英国皇家学会最早的章程里说明，他们也是一个合作的团体。但仍然做学院式的研究，工艺还是工艺，两者有关系，但是结合并不多。

航空时代的到来；力学界的哥廷根学派；科学界大规模介入二次世界大战。

20 世纪初，航空时代到来，用老传统估算的办法解决不了航空的问题，航空必须精打细算，要抠料，抠重量，考虑安全，才能飞得起来，

所以对科学的发展提出了更高的要求。

这时在力学界，德国的哥廷根大学有一批人出来，特别是有位校长费利克斯·克莱因(Felix Klein)，去了一次芝加哥的世博会。他一看美国的资源那么丰富，就想德国要想能够与美国竞争，唯一的办法就是靠科学，所以他强调数学和力学的应用，强调搞力学要面向工业的应用，并且把原来搞机械的工程师普朗特请进学校。力学界有一批年轻人，不叫自己为教授，而称自己是工程师。这些人科学训练都是很好的，在力学界就形成哥廷根学派。钱学森的老师冯·卡门是哥廷根学派的一个很重要的标志性人物，而他老师的老师普朗特则是哥廷根学派创始人。

在二次世界大战之前科学界与国防和工业联系都不是很多的，在美国的一个辩论会上，当时的发明家爱迪生还与物理学家发生争吵，作为工程师他认为根本没必要考虑比千分之一更高的精度，这表明他没有跟上科学的发展。科学界大规模介入二次世界大战，一方面是航空与火箭，一方面是原子能，一方面是雷达。

钱学森学习与科研经历

钱先生在这样的环境里，在美国待了 20 年。在加州理工学院前后一共待了 17 年，这个经历是他形成工程科学思想的一个很重要的来源。

加州理工学院(英文简称 Call tech)

“建校三杰”；共同的目标：以数学、物理为基础的理工科教育纲领和少而精的办学理念

加州理工学院是一个很特殊的学校，对造就钱先生的想法很有影响。这所学校于 1891 年创立，原是洛杉矶附近的一个小城市里很不

知名的一所水平不高的学校。学校附近有个天文台，台长是天文学家乔治·E·海耳(George E. Hale)，对数学、物理和工程都感兴趣，而且文学也很好，社交能力、活动能力也很强。他觉得在南加州应该有一所大学，以数学、物理、化学和工程研究为主、小而精的这样一所大学，这是他的一个指导思想。海耳是美国科学院的成员，同时是英国皇家天文学会的成员，也是美国科学院的一个外事秘书。他联合了两个人，一个是芝加哥大学的物理学家罗伯特·A·密立根(Robert A. Millikan)教授，曾是第一个测量电子电荷和普朗克(Planck)常数的人，后来获诺贝尔物理学奖。另一个人是阿瑟·A·诺伊斯(Arthur A. Noyes)，曾是麻省理工学院(MIT)的教授，专业是物理化学。一个天文学家，一个物理学家，一个物理化学家，共同的理想使他们走到一起，成为加州理工学院的"建校三杰"。

NRC(国家研究理事会)的建立和战时合作；基金会；Pasadena

接着第一次世界大战发生，三人有一个共同的想法，就是科学界也要为战争做准备。当时美国缺飞机，缺炸药，诺伊斯出来主要是主持 TNT 黄色炸药的生产，密立根出来主持探测德国潜艇的工作。海耳找到威尔逊总统，说服他在美国科学院下面建立一个"国家研究理事会"(NRC)，现在是美国科学与技术咨询和政策研究很重要的一个部门。美国国家科学院、国家工程院和国家医学院是根据同一条国会立法成立的。这三个院电子邮件域名的后缀都是 edu，隶属于它们的 NRC 的域名的后缀却是 gov，是政府机构。

到了 1920 年，学校改名为加州理工学院。

当时美国私立大学的经费主要是来源于个人捐助和私人基金会。美国也设公立大学，早期多半是矿业大学，或是农业大学，因为在立国的时候需要这些。那时学校里科学家和老师作研究都不喜欢要国家

的钱，认为国家的钱是有附加条件的，领取了会失去科学研究的自主性。但是大的私人基金会不一样。另外，加州理工学院所在的城市Pasadena离洛杉矶大约也就一二十英里，天气好，这个地方是有钱人退休的地方。美国一二十年代的很多大亨，有许多退休以后就住在那里。有了基金会提供的资金和当地城市的一些支持，再加上这三个人的活动能力都很强，能搞到经费，就把这个学校办起来了。

1921年密立根来到加州理工学院，六年后该校物理系的成就

密立根1921年全职来到加州理工学院，首先抓的是物理，六年后这个学校的物理学论文排名在全国已经是第一了，博士生人数、NRC学者人数也都名列美国各大学物理系之首。这个学校不像那些有上百年历史的常青藤大学，这个学校是没有历史的，就是靠一些出色的人把它办起来了。几年之后，就使这个物理系改变了面貌。

邀请顶尖物理学家访问，1925年开始扩展学科覆盖面的计划

物理系还把那个时代顶尖的物理学家都请去做访问，包括爱因斯坦，1931年、1932年、1933年连续访问这个学校。他去这个学校做报告时，有一位哈勃先生在附近的天文台，也就是海耳的那个天文台里工作，他用当时美国最大的反射式望远镜观察到宇宙在扩大，在膨胀。但爱因斯坦相对论理论有一个爱因斯坦常数，设定常数以后宇宙是不会膨胀的。于是他就向爱因斯坦提出问题，因此爱因斯坦与哈勃之间有很多交流。在学校时爱因斯坦没有表态，直到他回到德国以后，过了一阵他写信给学校说，觉得哈勃说得有道理，并且说宇宙膨胀是相对论中能容纳的东西。

力邀有成就的学者担任系主任，经费充足

这个学校有充足的经费，又有能力邀请一些有成就的学者担任系主任，来主持一些新的系。例如 1928 年为了邀请著名的遗传学者托马斯·H·摩根（Thomas H. Morgan），学校向基金会和当地筹资 500 万美元，盖两个楼，一个生物楼，搞发育生物学；一个生物物理、生物化学楼。

当时有一个古根海姆（Guggenheim）基金会准备出资支持 7 个大学建立航空系。校长密立根听说后，就去找古根海姆（Guggenheim），跟他说：你所出资的都是搞技术的，飞机制造和工艺等等。我要办一个航空系，首先是侧重理论的。我不同于他们几个，以此说服古根海姆。同时看中了冯·卡门，他当时在德国 Aachen 大学当航空系系主任。经过几年的努力，冯·卡门被请到加州理工学院航空系当系主任。地震学家 Gutenburg 也是从德国请来主持地学系的。

美国航空工业当时的情况

美国航空曾经有很低潮的一段时期。第一次世界大战，飞机第一次用来作战。有段时间美国飞机生产量是很大的，每年可以到 2 万架。但是战争一打完，许多人就没事干了。有的沦落到搞飞行表演，像马戏团那样在农场上空表演特技飞行。飞机的需求马上就下来了。逐渐恢复的原因是首先给飞机找到一个用途，用来运邮件，航空邮递。再慢慢开始运载少量的旅客，在这个基础上美国的航空工业逐渐振兴起来。所以基金会就想促进这个事情。

早期毕业生已有突出成就；建校七八十年中 30 余人获诺贝尔奖

改名之后，这个学校毕业了一批本校的研究生，有的是非常突出的。其中有一位化学家莱纳斯·波林（Linus Pauling），我上学时这个

人还在学校里。他本科和研究生都是这个学校的，论文做的是晶体结构。那个时候X光衍射刚刚出来，晶体结构也是很新鲜的事。这个学校20年代还出了卡尔·安德森(Carl Anderson)，是密立根的学生。他的出名是因为他发现了正电子，得了诺贝尔奖，他是赵忠尧先生的同学。密立根，还有一个学物理的学生查尔斯·里克特(Charles Richter)，是发现里氏震级的人。钱学森、郭永怀、林家翘这些有名的力学家和应用数学家都出自卡门门下。

到20世纪末，短短的七八十年中，教职工与毕业的学生获诺贝尔奖的人数多达30余人。咱们国家也有60年了，不能说60年时间不够长，而是我们的教育方式出现了一些问题。不需要很长的历史，只要方针方法对头，许多事还是能办成的。

少而精的办学理念

创办学校的这三个人还有一个思想，就是人要少而精。我在那里念书的四五十年代，学校只有500个大学生，500个研究生。1979年我们代表团去访问时，大概900个大学生，1 100个研究生，直到现在还是这个数，教师队伍约300人。生物系很强。我离开学校时，有一位教授——戴尔沃克是学物理的，来到生物系，1969年获诺贝尔奖。盖尔·曼(Gell Mann)获诺贝尔奖。范曼(Feynman)获诺贝尔奖。一批人都出来了。

钱学森的老师西奥多·冯·卡门

西奥多·冯·卡门(Theodore von *Kármán*)原籍匈牙利，父亲是位教育家，这一点与钱先生父亲差不多。他小时候很聪明，很有天才，心算很快。家里聚会时，他的哥哥就把他放在桌上表演心算，做得很好。被他父亲发现，训了一顿，说不能这样教育孩子，以后不准这样了。同时他父亲倾向于他搞一些应用的东西，所以他学的是工程。后

来到哥廷根大学学习，师从 L. Prantdl，最早搞固体力学，早期工作是压杆的塑性失稳，他还发表过论文，以实验表明大理石在高压下呈现像金属那样的塑性。刚开始工作时是当 Dozent，就是在取得博士学位后担任学生的辅导老师，收入来自被辅导的学生，学校不给工资。这样做了几年。每天都去实验室，一次看到有个人在水池里做实验，但水流总是稳定不下来。后来他琢磨了一番，结果就出了《卡门涡街》这篇很有名的论文，说明这是自然界的一个普遍现象。他还得到了充分发展的湍流边界层速度剖面的著名公式，至今仍被广泛采用。他是 IUTAM——国际理论应用力学大会前身 ICAM 的积极创导者。其主导思想：发展工程科学以别于传统的自然科学。他与工业界和军界有良好合作关系。他是将飞机机身从早期的桁架结构推向薄壳金属结构的创导者。

密立根在 1927 年申请成立航空系时，当时考虑三个人，后来选定卡门，因为他年纪最小，他的思想也是要创办研究性的航空系。

卡门与钱学森

钱先生与卡门师徒关系是非常好的。我想这也是种机遇。一个人要有成绩，需要有本人努力、本人能力、本人天赋，还得有机遇。钱先生有幸遇到这样一个老师。

博士论文

钱先生的博士论文由四部分组成，前三部分都是空气动力学方面的，第四部分是火箭方面的。论文做得好，当然要本人能力强，再就是题目要选得好，老师出的题目要好。其中有一个题目源于老师的一个猜想，经过钱学森的分析推导，得到了一个可以用简易的方法计算空气的可压缩性对飞机机翼升力的修正，这就是著名的卡门-钱公式。对当时的航空工业，这是个关系重大的问题，因为这个公式为提高飞

机速度解决了关键问题。在空气动力学方面，这也是一个重要的近似理论，因而成为经典。这个例子说明，作为一个导师，肯把重要的想法交给学生，既表现了他的大度，也表现了他对学生的信任和爱护。钱学森则充分表现了他的才华、勤奋和坚强的意志。

参加火箭小组。第一项"独立"的研究

他参加火箭小组也得到老师的支持，开始搞火箭。

他第一项"独立"的研究是关于扁壳的非线性失稳的文章，是与老师联合署名的，即卡门与他两人。这个问题也是当时航空工业里急迫需要解决的，而过去理论与实验差别很大，属于尚不能解释的问题。这个失稳的临界载荷，他做出来了。这两方面的工作就使他在美国学术界、航空界成为很有名的人物。

推荐成为美国陆军航空兵航空科学咨询委员会成员

后来因为战争，他老师与美国的空军关系比较密切，一方面是火箭的研究，一方面是航空方面的研究。有时空军来咨询他老师，老师就把问题提给钱学森，让他来具体解决，所以他有机会得到锻炼。后来老师又推荐他成为美国陆军航空兵航空科学顾问团的成员。

参加赴德考察和"迈向新高度"(Toward New Horizons)的写作

接着钱学森又被派到德国去考察。美国陆军派冯·卡门他们到战败中的德国去，让他们跟着美军前进，去考察德国航空和火箭的研究。回来以后做总结，由老师牵头，写了 13 卷的总结和规划性的报告，总题目为"迈向新高度"。前两卷总论是他老师单独署名的，其余各卷包含若干专项，每项又分专题。钱先生是主要作者兼编辑。有六个方面的专题是由钱先生撰写的。全部专题包含飞机、火箭、导弹、空

气动力学、喷气推进和核动力、雷达、控制、寻的和导引、武器、通讯、大规模空运、天气与作战等等。这个事情是美国陆军航空兵的司令阿诺德(Arnold)交给他们办的,后来这套报告被认为是对战后美国空军战略上的发展具有重要意义、起着指导作用的一个文件。这项规划性的工作,从实地考察到撰写成文,钱学森先生都亲自参与了。所以钱先生回国参加我们这里的规划,当综合组的组长,对他来说是驾轻就熟的,因为他有过这个机遇,有这个能力,有进行高层次规划的经历。

钱学森的学习生活

良好的学习习惯

钱先生有很好的学习习惯,这是他从小养成的。到办公室看他的办公桌上,从来都是干干净净的。从来不会有一大堆的纸,不整齐的东西。做完了工作自己就归档弄好。听他秘书说,他父亲从小就训练他,杭州常下雨,回家后,雨伞、雨衣雨鞋放哪儿,都有明确规定。他是很守规矩的这么一个人。

规定功课之外,大量有关数学、物理和化学的旁听和自学;协助解决工业和国防部门提出咨询的课题

加州理工学院的学习,除了规定的课程之外,还有相当的时间可以旁听别的课。而且念博士学位有两个要求。主选一个,辅选一个。钱先生选的一个是航空,一个是数学。他在课余之后,旁听和自学了大量数学课,还有物理课,如统计物理、原子分子物理和化学。

同时,他帮助卡门解决工业和国防部门提出的咨询课题。

担任教授期间的日程

他的生活很有规律,一天的安排,上午:授课或旁听别的课,学习

一些东西。下午：参加各种研究班讨论会，和大家讨论问题，交流。晚间：科研，写作，自学直至午夜。

他有这些成就，与他的经历是密切相关的。

钱学森的教育思想

基础课要扎实，领域要宽，要兼顾理工文。学化学不要只学化学，学物理不要只懂物理，最基础的是要学好数学和物理，晚年强调理、工、文都要结合。

专业课要精尖。强调少而精，不需要样样专业课都学，学太多没有必要。有了这个基础之后应该有能力在任何一门专业课都能上得去，将来需要转别的照样能转上去。最近接触加州理工学院的一个系主任，问起这个事，他们给这个方法起个名叫做 Leap Frog，即蛙跳式，这是第二次世界大战美国打日本时用的方法，占领一个岛屿，又跳到另一个岛，每次都向日本本土接近一步。你要有能力跳，基础打完以后，专业课跳一跳就能达到了。但必须通过自己的努力，不是样样都要手把手教的。

学习要抓住要点，要分清主次，要有总体意识。钱先生强调学习要抓重点，主次一定要分明。同时要有总体意识。有时他跟我说，你做一件事情，要看到这件事情背后更大的图片，你占什么位置。有了这个意识，会看到你的工作在整个大的面里占多大重量，是次要的，不重要的，还是很重要的，自己应该有个合适的认识。下一步，自己努力往哪里走，也要有个清晰的看法。有总体意识是很重要的。

写文章要言之有物，要逻辑严密，条理清晰，要说明和解决问题，要给学生以深入思考的空间

这是我归纳钱先生的一些教育思想。所以在成立中国科技大学

的时候，我们这里有位同事画了个图，表达钱先生的思想。下面是一个大圆盘，又厚又大的圆盘，上面竖一根很尖的竿，有个尖头，说这是科大教育思想。

我的一点体会

力学研究应当更加重视应用，自己的成果不要停留在理论，要努力使它在应用中得到体现

力学研究作为一门工程科学要从基础研究出发，适当吸收经验性知识，要有自主的途径，要接受实验验证。

最近国家给钱我们做一些事情。但我觉得现在有的人为项目，为弄钱，忽悠的事太多了。有人倡导产学研结合，而且以产为主，这个办法不行。我觉得科学研究的工作要有相当的自主性，你得有自己的想法，没有自己想法跟别人指挥棒转，这是打小工。真要创造一点东西，走新路子，必须有自己的想法。自主性表现在实现自主设定的途径和目标。在科研组织上不宜一味地强调产学研。如果“产”需要，我们确实应该去帮助。但是如果把产学研当成一条主线，只走产学研的路，那科学院变成给人打小工的了，主业是什么就没有了，创新也就没有了。你充其量是跟着工业的尾巴去转，跟着外国人去转。所以我觉得有相当的自主性这一点很重要。

要深刻认识科学探索的内在价值，努力做到高水平

钱先生强调富国强民。从鸦片战争以来，富国强民是我们很多很多人的追求，你学工程的也好，学科学的也好，学文科的也好，中国人都有一种家国的情怀，国家有难匹夫有责，爱国心情都是一样的。但要说爱国心情是科学研究唯一的动力，那就要琢磨琢磨了。有人列了这么几条作为科学研究的动力：搞科研是因为科研工资不错；声誉也

挺好，社会地位相对也不错；可以富国强民；满足个人兴趣。但无论怎样说，如果没有兴趣，没有探索未知的兴趣，不能把发现规律当成一种美来欣赏，哪来科学研究所需的那种坚持，不惧艰辛，淡薄名利的精神呢？我们大家回顾回顾，我们的真正动力是什么？我想根本的动力在于兴趣。应该有一个高尚的兴趣，才能避开我们现在这种种忽悠社会的现象，当官的要贪污，搞科研的也要勾结，弄虚作假。在认识上我们得提高一点吧。

提高教育水平，最重要的是给教育工作者以充分的自主权，美国加州理工学院(Caltech)是很有启发的例子

加州理工学院能建成这样，靠政府管得那么死行吗？我觉得是不行的。很多事情是下面的积极性自己走出来的路，而且路不只是一条。如果事事要统一思想，创新岂不是没有了？

教育首要的目标是给学生以充分的自信

我在加州理工学院前后待了 6 年，我想对待学生，最主要的是学校对人的尊重，包括对学生的尊重。后来我回去看的时候，听那里的一位老师说，我对学生必须很爱护、很尊重才行，也许将来我的班里能出一个诺贝尔奖获得者呢！他这种心情是尊重学生和爱护学生的。在学校里最重要的是使学生建立自信心。现在我们的制度有问题，最好的学生都进清华、北大等几个极少数的大学，到那里后，多数人的自信心都给打掉了，毕业时成为中等甚至很差的学生，这不是对人才的摧残吗？学校教育要培养学生的自信心，没有自信心的学生是没有出息的，他不可能有希望。要使他觉得自己有长进有信心，他就会愿意学。否则，教育肯定是失败的。

（李伟格根据录音整理）

钱学森与工程科学

钱学森在加州理工学院的经历

郑哲敏
中国科学院力学研究所 院士

（2011年4月在中国科学技术大学的报告）

感谢鹿明书记刚才关于我的介绍。

钱学森先生是咱们这个学校的创始人之一，同时也是我们力学所的创始人。他主张办中国科技大学的原因之一就是想贯彻理工结合的理念。因此我想讲一讲这个理念的一些来源，他自己的成长历程，以及他为什么会形成这个理念。钱学森晚年很关心大学的教育，以及怎么样改善我们大学教育，使之能更多更好地培养科学技术人才。所以我今天想介绍这样一个大家都认可的科技界领军人物，他的成长足迹的一个片断，介绍他在加州理工学院的一段经历，以及他如何在这个经历之中成长为一位知名的科学家。他具有标志性的一个理念，就是他提出来的工程科学的思想。

钱先生从1937年到1955年的18年，确实有一段不同寻常的经历，一般的研究生，一般的教师恐怕都很少有他的这样的经历，包括外国人在内。他在国内的经历我想报纸上也介绍很多了，所以就不讲了。记得当年美国移民局把他押送离境的时候，美国报纸上有很多宣

传，很多报道。当时钱学森在美国已经是非常知名的一个科学家、教授，已经是所在学术领域中顶尖的人物。这张幻灯片上的照片是加州理工学院的代表马勃教授授予他杰出毕业生奖状的留影。照片中的这位是钱学森的夫人蒋英先生。我想从这儿开始说起。钱学森要回来的时候已经是美国科技界的领军人物，或者已经被当作航空界的接班人。我想讲一讲他成长的历程，包括成长的环境和本人的条件，以及对我们有什么启发。

大家都知道，他少年时期的家庭背景具有深厚的文化积淀。在生活方面、做人方面都受到严格的教育。面临虚弱受欺凌的中国，他有着很强的奋发图强、富国强民的愿望。在高中时期，他很喜爱自然科学。所以他直到去世之前都还清楚地记得那时的一些事情。这些情况一般大家也都知道，我就不去着重讲了。

他到美国那一年是 1935 年，先到麻省理工学院，进航空系学航空工程。钱先生在交通大学学的是机械，而且着重学机车车头。但当时他的兴趣其实在自然科学方面，在课外参加了许多关于自然科学方面的活动。毕业以后考取了清华的庚款留美，他选择了考航空工程，因为对当时危难中的中国来说，对飞机的需要显然比火车更加迫切。要让飞机飞上去，在重量、强度和安全性上有很多特殊的要求，需要把力学知识用到极致，所以航空是学术内容更多的一个行业，他毅然转学航空工程。他考取了清华准备留美后，清华的教授考虑到他是机械系出身，所以把他留了一年，安排他在国内能学习了解一下航空方面的一些情况。现在力学所还存有他当时到飞机工厂考察的一些手稿。我还记得他有一个笔记本，上面专门细致地画了飞机控制系统的一些滑轮、钢索。因为那时的飞机不是靠电控制的，而是靠拉杆、滑轮和钢索来操纵飞行的，所以他画了一些很详细的图。到美国以后，他不太满意麻省理工学院的教学方式，他认为那里工程性、经验性的东西太多，而理论性不够多；再加上作为中国人到美国，没有去工厂实习的机

会，所以他取得硕士学位以后，就作出了新的选择，决定到加州理工学院去继续深造。

当然过去的工学院与现在的工学院不大一样，大家知道最典型是在德国。德国从中学时期开始，就把学生分成两类，一类将来进大学，走大学（University）这条线。还有一类就是去学技术，搞机械，走工科学校这条线，当时这类学校有另外一个名字，叫高等技术学校（Technische Hochschule）。这最早是德国的一种体制。再往前推，在法国也是有不同的体制，如法国拿破仑建立工科性学校，这最早是统称 É，即school 的意思，例如师范学校（培养公务员）、多科性工科大学、桥梁与道路大学等等。一般再往前推，纯粹自然科学是在教会里搞的，从教会后来发展出学院和大学。工科涉及的内容是在手艺人手里。手艺人组成行会，有他们的行规。不同手艺，你必须承认行规，要有行业执照。技术和科学是分开发展的，工程学的发展也是两条线。到了 19 世纪末进入 20 世纪，这种分头发展开始发生了变化。那些比较具有经验性的一类学科在 20 世纪初发生了变化，特别在第二次世界大战以后取得显著的发展，下面我想详细说一说。

加州理工学院

首先想讲一讲加州理工学院的情况，因为我也在那里待过，给大家介绍一下。

加州理工学院这个学校正式成立于 1920 年，它的前身是地方上很不起眼的一个小的技术学校，有时叫 University，有时叫工程学院，不断地改换名字。到 1920 年，由罗伯特 · A · 密立根（Robert A . Millikan）出任校务委员会主席，来掌握这个学校的发展，这个名字就改成了 California Institute of Technology，简称 Caltech，即加州理工学院。

建校“三杰”

这个学校的兴起主要靠三位杰出人才。加州理工学院旁边有一个天文台，叫做威尔逊天文台，它在山顶上，加州理工学院在山脚下。天文台台长叫乔治·E·海耳(George E. Hale)，他是太阳光谱仪的发明者，是美国科学院的院士。他很关心地方上的科学技术教育，他有一个非常强烈的主张：理工要结合，其基础是数学和物理。这个理念为另外两位合作者所接受，一个是罗伯特·A·密立根(Robert A. Millikan)，另一个是阿瑟·诺伊斯(Arthur A. Noyes)。乔治·E·海耳本人是天文系毕业的。罗伯特·A·密立根，我想大家都知道这个名字，他是做了两个实验出名的，一个是用油滴测量单个电子的电荷，是在世界上第一个测得电子电荷这一基本物理量的。爱因斯坦发表了基于光电效应实验的那篇电波双重性的论文，密立根是第一个用实验直接测量普朗克常数的人，这个工作是在芝加哥大学做的，当时他是芝加哥大学的教授。阿瑟·诺伊斯曾经是麻省理工学院的物理化学教授。这三人志同道合，被称为建校“三杰”。

他们三人还有一个共同的经历。乔治·E·海耳不仅是个科学家，而且还是个社会活动家。在美国参加第一次世界大战前，他们三人都有一个共同的见解，认为美国要有所准备，当时美国的孤立主义是很严重的，不参加欧洲的战事。所以乔治·E·海耳就找到总统，说要在美国科学院下面建立一个 NRC，这在今天是一个很著名的机构。后来战争开始以后，他们三人都负责一些军工项目。当时美国的条件是很差的，黄色炸药 TNT 在美国是不生产的，要从欧洲特别是德国进口；美国的飞机有各种制式、品牌繁杂，能打仗的大概也就七八十架。所以他们在 NRC 中开始解决实际问题，罗伯特·A·密立根搞探测德国的潜艇，阿瑟·诺伊斯搞黄色炸药生产。他们都在乔治·E·海

耳是头，另外两位当他的助手。

战后，这三个人都到了加州理工学院。罗伯特·A·密立根是1920年左右到的，到了1927年，这个学校发表的物理学方面的文章已经在美国占第一位了。不久，罗伯特·A·密立根自己也得了诺贝尔奖。他培养的学生卡尔·安德尔森(Carl Anderson)是发现正电子的人。我们赵忠尧先生和他是差不多时候做同类事情，但是机会让卡尔·安德尔森拿到了，得了诺贝尔奖。罗伯特·A·密立根还有一个学物理的学生 Charles Richter，是发明里氏震级的人。这个学校办的生物也好，地学也好，物理化学也好，主要以数学和物理为基础，很强调数学和物理的教学。在化学方面，强调结构与性质的关系，对晶体结构、各种结构研究得非常细，很早就用量子力学研究物质的结构。学校本身培养的学生中，很早就出了个莱纳斯·泡令(Linus Pauling)，搞化学的人都知道他，也是诺贝尔奖得主。然后学校又把哥伦比亚大学的摩根(Thomas H. Morgan)请来，那时候他已50多岁了，用500万美元给他建实验室，把摩根的整个小组给请来了，摩根的工资当时差不多达到2万美元，这是在1920年代末，摩根后来也在这个学校获得诺贝尔奖。然而在1920年，这个学校并不起眼。

说到航空方面，美国有个丹尼尔－弗洛伦斯·古根海姆(Daniel and Florence Guggenheim)基金会。第一次世界大战期间，美国飞机生产能力从每年几十架，发展到了每年1万到2万架。但是战争结束不久，空军人员一退伍就失业了，飞机生产过剩也没有人要，所以美国航空业进入一个非常低潮的时期。驾驶员后来干什么职业呢，搞航空表演、卖艺，在农场上空表演特技飞行，搞这样的事情，非常萧条。后来航空业逐渐发展起来，首先用飞机送信，然后是运送少数乘客，再慢慢发展出民航。在这个基础上，航空业发展起来了。古根海姆基金会想在7个学校建航空系，但其中没有 Caltech。校长密立根专程就去找 Guggenheim，说我也要办航空系，我是以理论研究为主的，并以数

学物理为基础。其他那几个学校的航空系都太技术性，经验的东西太多，我办的是有特色的，科学性要加强。然后请西奥多·冯·卡门来当航空系的主任。西奥多·冯·卡门此前是在德国，原籍匈牙利。

传奇般的导师

西奥多·冯·卡门是一个传奇式的人物，他原先是德国哥廷根大学普朗特教授的研究生，在哥廷根大学拿的博士。有一段时间他不知道自己是应搞力学还是搞物理。大家查一查可以查到，他那时很彷徨，在理论物理学方面，他同马克斯·波恩（Max Born）发表过一篇文章，叫“晶格的动力学”，黄昆先生的著作是在这以后发表的。这在物理方面、在固体物理学中是很重要的一篇文章。西奥多·冯·卡门的一个目标是希望在哥廷根大学待下去，当教授，哥廷根大学有一批人也替他活动，包括力学家普朗特，理论物理学家马克斯·波恩等都曾为他活动，后来没有成功。那是希特勒时代，这些人都是犹太人。犹太人介绍犹太人，就犯忌讳了，所以他就没当成哥廷根大学的教授，后来去了 Aachen 大学，专搞航空。

卡门在航空方面的贡献，一个是卡门涡街。搞力学的人都知道。涡街正是流体中运动物体受到振荡力的来源，这是一个很重要的成果。再说，为什么在风的作用下物体发生振荡，人们可以用卡门涡街对这种自然现象给出了第一个解释。卡门求得了湍流边界层的相似解，这个公式现在各行各业都在用，例如大气边界层的对数律，就源自卡门的湍流边界层理论。在飞机结构方面，他还协助当地的航空工厂，创造了金属蒙皮结构，这是航空工业一次革命性的变革。正因为卡门在航空理论方面卓有贡献，所以加州理工学院把卡门请了去。

南加州天气非常好，几乎是四季如春，飞机制造需要大广场、大篷子和户外作业，这样生产效率才能提高。所以密立根给古根海姆的一

个理由就是我们南加州天气好，航空工业会在这里有大发展，因此把航空系办了起来，并把卡门请去当系主任。

所以这个学校的办法，就是高价聘请一些很有学术成就的人，给他资源，给他指挥权，让他放手去做。所以这个学校不断出现诺贝尔奖获得者，短短的60年来有30多位诺贝尔奖获得者。其中有的是本校毕业生，有的是老师。所以看起来办一个学校也容易也不容易，几十年就行了，加州理工学院没多长历史，赶不上北大，赶不上清华，今年清华有100年历史了。创办一个学校，只要方针对头，人找得对，一定能办成一个好学校。

这个学校还有一个特色，就是学术交流非常频繁，老师和学生的关系非常平等。我在那儿的时候，美国西部大学与东部大学就存在一点差别，西部大学看到老师直呼其名，叫小名，上课老师可以不系领带。在东部大学老师还要系领带，学生对老师还要称某某教授。在西部大学比较随便。

卡门与钱学森

钱学森是1936年去加州理工学院的，在冯·卡门的回忆录里，卡门写到，他第一次见面就非常喜欢钱学森。这两个人有“缘分”，超过了一般研究生与导师的关系，有点像父子关系，有点像师傅和徒弟之间的关系，关系是非常密切的。按照卡门的说法，他有些思路，还没有完全澄清，通过与钱学森交换意见或讨论，可以使他的一些思想更加明确、清晰起来。还有，听马勃讲，钱学森是比较刻苦的，卡门有什么新想法，有什么问题，就提出来，很多问题钱学森连夜就给解决了，所以钱成为冯·卡门离不开的一位很亲密的助手。

卡门在很多场合给钱学森创造了很多机会。比如，钱的学位论文共有四个部分，其中有一个部分讨论空气的可压缩性修正。当时在航

空界，飞机速度逐渐快起来了，空气的可压缩性变得重要起来，怎么样来计算机翼的升力，要考虑到空气的可压缩性，要对过去不考虑可压缩性的理论公式进行修正。卡门出了个主意，说以前俄罗斯人恰普雷金做过这类修正，就是把空气的压力 p 和密度 ρ 之间的非线性关系曲线，即等熵的 p-ρ 关系曲线，用曲线上某一点的切线来近似代替这条曲线，求出了问题的近似解。但是结果不符合实验情况。卡门认为这个切线近似方法还是可以采用的，但是建议要改换一个切点。这个想法有一定物理依据，但毕竟只是一种猜想，对不对也不一定。就把这个猜想交给钱学森来做，钱学森经过很详细的计算，找了很多的换算关系，终于找到了一种办法，很简单地把可压缩性作出了修正，并把它运用到机翼上去。我曾经听钱先生说过，对结果的好坏，当时统统要做实验验证，他就有点紧张，到底能不能经得起实验考核，并没有充分把握。好在实验结果比他预期的还要好，于是被设计师采用了。又比如，他后来做的壳体的稳定性研究，这在当时的航空界也是个难题。假如大家到飞机场看去，在西安、上海都有很大的波音飞机，你看那么大的飞机，机身只是一个薄薄的壳体，没什么大梁撑着，就像个鸡蛋壳似的，我想很多人看了就可能不敢坐飞机了，但现在的飞机确实是安全的，这里边很重要的就是薄壳受力以后的稳定性问题。这是钱学森毕业后的独立的工作，也是在卡门影响下做的。他们两个联合发表了壳体稳定性的文章，把物理机理说得非常清楚，但数学上用的是近似的解法。钱学森做的都是些很重要的问题，他不一定求一个非常精确的解，但要在物理上进行深入的探讨，求出一个近似解就可以了。把道理说清楚了，给出了有用的计算公式，钱学森一般就满意了，他不会纠缠在同一个问题上没完没了，搞得细而又细。机理问题清楚了，你要过细可继续去做，但最大的困难已经攻克了。在壳体稳定性问题上得到的结果与实验很接近，所以被当作实际设计的一个基础。以上两个工作一发表，到了 1940 年前后，经过卡门的提携，钱学森在航空界

变成很有名的人物了。

参加火箭小组

他在学校里还有一个非凡的经历，就是参加了火箭小组，这是学生们自己组织的研究小组。研究火箭的起因也很有意思。此前有一个德国人发表了一篇文章，被卡门的一个助教发现了，觉得很有意思，就在洛杉矶的航空学会上讲了这件事。美国社会有一些青年人也感兴趣，其中，有一个叫帕森斯，是业余喜欢搞火药的，搞发射药的，另一个叫福尔曼，是业余搞机械的，两个人就找到学校来，找这个做报告的老师。做报告的那位老师没在，请了一位研究生接待，那个研究生叫马林纳（Malina）。他听那两个人讲登月，说得神神乎乎的，就说，期望值别那么高，咱们就做个探空火箭吧。他们三人找了卡门，请求支持。卡门说要做你们就做吧，但是我不给你们经费，我可以允许你们在实验室里做实验。因此这几个人就组织了一个小组，第二年马林纳把钱学森也请上了，当然这都是课外活动。这样，就把加州理工学院火箭研究小组建立起来了。中间还出过事，有一次在实验室实验的时候出了事故。火药的烟熏到了走廊里，大楼里，有些精密仪器开始生锈了。所以卡门把他们赶走了，说你们不能在实验室里干了，让他们在实验室山墙下面做实验。有一天做实验，马林纳正好去向卡门汇报，没在场。突然又炸了，炸飞的东西正好飞过马林纳原来坐着做记录的地方，所以后来火箭小组被学生们戏称为“自杀小组”。钱学森前前后后一直参与这个小组，特别是参与发动机燃烧过程的动力分析。后来一直做到某种程度，被美国陆军航空兵看上了。这几个同学就决定建个公司，生产出售用来助推飞机起飞的火箭，使飞机在短的跑道上也能起飞。他的老师和几个同学是公司的发起人，钱先生后来一直是这个公司的顾问。

还有一个问题，因为火箭的研制受到空军的注意，所以麻省理工学院方面的一些活动他们也常常来看一看。大约 1942 年开始，空军开始给予支持，给了他们一些经费。他们的第一笔研究经费是从美国科学院要来的，有 1 000 美元。逐渐逐渐地，钱多了一点，因此打出个牌子来，为自己起了个名字，叫喷气推进实验室（Jet Propulsion Laboratory）。这就是现代美国喷气推进实验室的前身。现在到 NASA 的网站去查，这些人的名字都被当作创始人记录在上面，钱学森是其中之一。

作为航空顾问团成员于二战晚期赴德国考察航空航天方面的科研与生产

钱学森毕业以后，当时空军很信任卡门。战争期间，德国有什么武器方面的情报，包括火箭方面的情报，比如说德国有什么火箭，射程大概是多少，就要他们来判断，到底是真的，还是假的，还是只是可能。钱先生逐渐参与这样一些工作，参与到他们与国防有关的工作。到 1944 年，欧洲战局已定，德国战败指日可待。时任美国联合参谋总长的马歇尔，后来曾当过美国驻华特使，给陆军航空兵的司令 H·阿诺德（H. Arnold）将军写了封信，希望他组织一些人，考虑美国战后的空军战略发展。于是，阿诺德让卡门组织一个国防部科学咨询团，由卡门当主任。卡门就挑选了钱学森作为成员参加这个组织。难以想象，作为中国籍的钱学森居然能参加美国空军这样的工作。1945 年他们被派遣到德国，到欧洲，也有一部分人被派遣到远东来，为的是对日本进行考察。钱先生作为考察团成员与卡门一起被派往德国，跟着部队前进，到了德国的火箭基地和航空研究基地。流体力学家普朗特曾经是卡门的老师，也在为发展德国航空做事，所以卡门和钱先生把

普朗特找来询问有关德国空气动力学的研究情况。后来卡门感慨地说，自己与他的老师和他的学生，三个人搞空气动力学的，竟然在那样的场合会面。美国报纸前几年还发表过文章，说在那一次考察里，钱先生还专门找来冯·布劳恩谈话，此人在战后到美国发展导弹技术，这竟然是红色中国未来的导弹之父与美国未来导弹之父一次难得的会面。以上说的是发生在 1945 年的事情。所以钱先生有很多实际的经验，不是局限于学术方面的。

作为主要成员参与美国空军发展战略规划——“迈向新高度”（“Toward New Horizons”）的制订与写作

从德国回去以后，他们带回了成吨的资料。那一年的晚一些时候，开了好几个月的总结会。因为阿诺德交代，去考察的目的，就是要给美国空军的战略发展写个规划性质的材料，在分析研究的基础上写出报告，总题目为“迈向新高度”，大概一共有 13 卷。钱先生既是这套书的主要作者，又负责全卷编辑。报告中一共有大约 40 篇文章，由钱先生执笔的有 7 篇，占了很大的分量，内容包括空气动力学、火箭、火箭动力等，所以说钱先生参与了制订美国空军的一些高层次的规划。钱学森的写作部分涉及原子武器问题、制导问题、飞机的各式发动机，那时已经提到有涡轮喷气、风扇喷气，还有螺桨喷气等多种类型。火箭部分涉及各种推进方式，如冲压式、脉冲式，有的方式现在中国仍在研究，美国现在也在研究超声冲压式的发动机，这些可能性在报告里都可以看得到。这套书还论述了雷达，包括雷达的制导、雷达的寻找目标，寻的或者是热感应的，或者是用电导的，范围很广泛。钱先生和这些规划内容都有紧密联系。

通过这些活动，钱先生接触的面，不同于一般的学生，不同于一般

的研究人员。他有实际研究的经验，有解决实际工程中提出来的问题的经历，有进行高层次规划的经历。所以他一回国，在1956年年初，他就能根据周总理的要求，写了一个完整的发展中国火箭的规划。其中有些内容在全国科学远景规划会议上就有过很大的争论：究竟是先发展航空还是先发展火箭工业。钱先生力主先发展火箭，航空在其次，是第二，不是老大，老大是火箭。理由之一，火箭简单，中国的条件下容易先做成火箭，而飞机比较复杂。这种先后次序是在1956年规划会上定下来的。钱先生在规划会上非常活跃，所以很出名，当时被称为"三钱"，指的是钱学森、钱三强和钱伟长。

他能够有这些能力，我觉得和他在加州理工学院时期的经历是分不开的。一个领军人物的成长，自己的天赋是很重要的，再一个是勤恳、努力，另一个则是机遇。他的导师卡门是难得的好老师，他能够参加美国空军科学委员会，没有导师的引荐是不可能的。导师在学术上给他创造机会，工作上也给他开辟机会，所以他得到的这些训练，得到的这些经验，不是一般的人都能有的。今天要讨论他怎么能成为一名领军人物，这段经历是非常重要的。

大家如果有兴趣，可以在网上查一查这套报告书，总书名叫做"Toward New Horizons"，我们翻译成"迈向新高度"。前两卷是他老师写的，以老师单独名义发表的，后面是各种专题部分。美国搞原子弹的内容也在里面，不过这一段内容是空白的，还是保密的，其他部分的可以看得到。其中，有一个作者是美国战争时搞雷达工作的，写了一段东西，后来他担任加州理工学院校长，名叫 Lee Dubridge。

钱学森从作为研究生做流体力学研究，到毕业以后研究薄壳的非线性失稳，这些都是有代表性的、使他很快能够变成很耀眼明星的一些成果。他参与的这样一些工作的锻炼，是使他成为领军人物的一些基础。

“工程和工程科学”一文的发表是钱学森成为科技界领军人物的标志

我记得他第一次提出“工程科学”，是在咱们国内。因为 1947 年他回国，做了两方面的报告，在浙江大学、交通大学和清华大学，他讲了两个题目，一个是工程科学，一个是超级空气动力学。这两个报告的内容后来都在美国成文发表了。发表时的文章题目分别是“工程和工程科学(Engineering and Engineering Science)”，以及“超级空气动力学——稀薄气体力学(Superaerodynamics—Rarefied Gas Dynamics)”。关于前者，我觉得他在学术观点上，不局限于个别的小领域，而着眼于一个大领域，是一个全面的考虑。1956 年参加中国的长期规划以后，他在《科学通报》上专门写了一篇文章“论技术科学”，他没有用工程科学的名词，而改称技术科学。大家可以找来看一下。那里讲什么是技术科学，如何培养这方面的学生，他们应该有些什么专长，如何来搞科研，我认为内容都非常细致。这篇文章反映他的这个思想，并不着眼于某一个领域里的具体小题目，而是考虑影响大局的一些方面。人的气质不一样，看问题的角度就大得多了。他回国探亲的那一年，即 1947 那一年，麻省理工学院把他从副教授提升为正教授。

担任加州理工学院喷气推进中心主任，全面组织科研与教学活动

1949 年古根海姆基金会在两个地方设立了喷气推进中心，一个在加州理工学院，一个在普林斯顿大学，这两个大学同时都聘请钱学

森当主任，最后钱学森选定了回加州理工学院，成为以该基金命名的讲座教授。由他全面组织喷气推进中心的教学，学生从哪里来，教什么内容，由他来做教学计划。他下面有三五个教授、副教授，其中有一个叫彭纳（Penner），钱学森专门找他来做高温气体性质的研究，在上千度或是两千度的高温下，气体的热力学性质是怎样的，热力学函数中的一些系数有多大。这些东西没法测量，或者测量起来很困难。因此他开了一门课，我去旁听，我那时刚毕业。钱先生认为，如果用通常的测量办法不行的话，可以依靠理论，靠物理上发展起来的一些基本理论、基本的手段来帮忙。他请彭纳来，他是专门搞光谱研究的，研究怎么样从测量到的光谱中的微观信息来反演气体的宏观性质。所以钱先生后来提出“物理力学”这门学科，当时物理力学的内容只限于力学。实际上你看历史的发展，从 20 世纪 50 年代开始，各行各业的研究，都要从微观到宏观，都要走这条路，所以他这个提法是很有前瞻性、很有战略性的。

坚强的意志

1950 年美国盛行麦卡锡主义。就因为苏联爆炸了一颗氢弹，美国引起了恐慌；中国革命成功，美国也引起恐慌，所以有一个参议员麦卡锡，就到处骂共产党，说国务院中某某人是红色或者是橙色，都不行。然后又说是某些大学教授曾经是共产党人等等。钱先生参加过他们美国共产党组织的一些学习小组。美国在 20 世纪 20 — 30 年代，青年学者的思想还是比较活跃的，还是有这么一批人，包括搞原子弹的奥本海默的弟子，叫法兰克・奥本海默，他是共产党员。包括美国学校里的一些活动，你搞不清楚是校外来人组织的还是学校师生自己的活动，钱先生就参加过一些这样的会。因此有人告发了他，美国联邦调查局就把钱先生做的保密工作的许可给停了，并通知了学校校

长。钱先生一怒之下，就说不让我干，我走人了。他随即准备回国，行李也打包送出去了。有一天他说，我去过华盛顿了，和海军次长打过招呼，我要走了。那个次长下了命令说，不能让他走。后来有人常引用这位次长讲过的话，说放他走等于丢掉几个师，不知原话是怎样说的，事实是他被扣下来了。据蒋英先生讲，扣了两星期，单独关在一个岛上，那个地方靠海边。后来学校保他，把他保释出来，继续担任原来的工作。

在那个条件之下，他仍努力工作，可以想象那个压力有多大。但是在那个条件下，可以看出一个人的意志，他表现得很坚强。钱先生很快就把情绪扭转过来，一心一意，安心工作，做很重要的工作。他教两门新的课。一门是物理力学，另一门是工程控制论，1954 年他出版《工程控制论》。这本书的内容和他以前做过的一些研究，如导弹内部燃烧室内振荡燃烧的控制、导弹的导向、导弹轨道的控制等，都是有关系的。他那时说，我不牵涉任何硬件，我就讲与这些问题相关的数学理论。我不是讲那些元器件，你看我的书，没有这些东西，我只是讲一些共同的基本理论。在那个很恶劣的情况下，突出地做了这样两项重要的工作，显示一个人坚强的意志。

有了前面所叙述的基础，钱先生回国后就发挥了很大的作用：创办了力学所，促成了中国科技大学的成立，又被调到五院主持工作。到了五院他就身不由己了，他必须要参与和指导火箭的研制工作了。他要做他过去不熟悉的、他没接触过的很实际的一些工作。他在五院做的事，是属于技术性的工作，他就没有机会做工程科学方面的研究了。但他一直很关注学术领域的进展，比如非线性科学刚出来的时候，他就到力学所来做了一个报告。讲到混沌，要大家注意，这是一个确定性的问题，要研究怎么会出现混沌和随机性。这个现象在自然科学当中是很根本的一个问题。又如，我回国的时候他就给我说，你一定要把运筹学的重要性介绍给钱伟长先生，然后在中国宣传这个事。

他自己回国的时候就在船上认识了许国志，并把他请来了，在力学所里成立了运筹学组，研究运输的优化，研究车辆怎么样调度等这种管理方面的问题。他自己到了航天部门，改行做技术工作的时候，他一直是用这种系统优化方法来组织航天部门的研制工作，对一个巨大工程，优化地进行组织管理。在1962年他在《红旗》杂志上发表一篇文章，号召大学生到二线去工作，从事管理部门的工作。他把这个运筹学运用到系统工程中来。他退休以后，又继续研究这些问题。而且一直关心着国家各个方面的发展，如沙产业、城市规划等，他关心的面是很广泛的，他的知识面很广。

今天讲了钱先生在美国的这一段历史，他对美国有很多的批评，但对他的老师卡门一直是非常怀念的。所以今天我着重地讲讲这一段，希望对大家有点帮助，为大家的学习、工作，对我们国家的教育工作提供一点资料，一点参考。谢谢大家。

（主持人：刚才郑先生为我们做了一个非常精彩的报告，郑先生80多岁高龄，精神那么好。为了我们同学，这个报告他做了很长时间的准备。非常难得我们能请到郑先生到我们这来和同学们见面，如果咱们同学有什么问题，现在是一个很好的机会，提出来向郑先生请教。有没有谁有什么问题？）

我自我介绍一下。我是1948年去加州理工学院。第一年拿了个硕士，第二年钱先生回来了。我听过他的课，后来当他的研究生。当时钱先生的课是讲火箭，我选了那门课。火箭里他当时要我做的是火箭方面的热应力。那个时候，防热材料的发展主要是一些新的陶瓷，有可能用于高温结构。所以我也把这部分内容作为研究生的论文题目。我是1952年拿的学位，然后因为移民局不让回来，让我待到1954

年才允许我离开。因为经过欧洲，所以路上耽搁一段时间。我是9月底离开的，第二年2月份回到国内，在欧洲耽搁的时间多一点，主要在瑞士。回来以后就参加钱伟长先生的科学院数学研究所力学研究室，不久钱先生就回来了，我们力学室就连锅端，变成力学所的一部分。没多少个人，十来个人。我的经历就是这样。

（李伟格根据录音整理）

悼念恩师钱学森先生

吴耀祖
美国国家工程院、中央研究院、中国科学院外籍院士

我们现在恳切热诚地来追悼纪念钱学森先生。他是一位不同凡响极富传奇性的伟人。他也是一位国家的英雄。他是神童，多才多艺。对人文艺术修养，深入浅出。对数学、物理、工程，贡献丰硕。有此坚广基础，乃成两弹一星元勋，乃有安国保家的建树。有安乐，悠然鉴赏。有苦难，不扰清神。仁者有勇，勇者不惧，人定胜天。外面狂风暴雨，家里温暖平安。他赐给世界的至宝，能妙手启发教导来者。此中有真义，欲辩已忘言。

难忘的绚丽童年

幼年时钱学森的慈父钱家治先生，字均夫（1880—1969），即注意培育他的人文修养。随高希尧大师学国画，颇晓水墨丹青，深博得高师的赞勉。钱师当时尤饶兴于管乐器演奏，成年未衰，仍是大学交响乐团的要员。述及这方面有人文艺术的的隽深熏陶，对于一个有造诣

的科研学者，困于高度艰难的关头，要能灵感一闪，豁然开朗，则是不可或少的。愈能赏识自然之美，愈多人际理智交应，愈能洞彻自然之妙，这是钱师一生一直指点后进的。

说起理智交应，能得知心同好，诚是难能可贵。当年钱均夫先生曾就读于杭州著名的求是书院，恰好与蒋方震为同窗学友。斯后不久钱蒋两位学友又同赴日本深造。钱先生攻读教育，而蒋先生则主攻军事学。返国后均夫先生领导发展浙江省高等教育，百里将军创建河北保定军事学校，成为战略军事学泰斗，蜚声中外。国人咸尊称他为蒋百里将军。钱蒋两位先生贡献宏伟，广为国人称羡。

百里将军尤其天赋文采，卓见高瞻，下笔生花。抗战八年，报载他激励士气的文章，举国称道。一听蒋百里先生有文见报，大家都争先买报朗诵。1938 年 8 月汉口大公报刊载一篇未署名的文章《日本人——一个外国人的研究》，人人传诵，皆知出于蒋百里将军手笔。此文开门第一句话就说“世界上没有像我那样同情于日本的！”影射他在日本留学亲眼目睹观察之深隽，不让他人。接着将日本人在军阀专政中的形形色色，逐条分析，清澈见底，结论是日本黄金时代已日落西山。最后以神话模式，追忆蒋先生在德国研究军事学的日子，独步思量，夜深迷路，遇见仙翁，有先见之明，极其郑重地忠告蒋先生“胜也罢，败也罢，切勿和日本谈和！”这一句话，说得好，不久就在台儿庄把日军打垮至少两个师团。

蒋百里先生与左梅夫人的爱情连理，结为伉俪，为坊间佳话，令人羡佩不已。他们生有五女，校园中充闻将门五虎女。老三是蒋英女士。她聪慧万分，谦和淡泊，恳切待人，人见人喜。随父访欧，入学于德国柏林音专学府。蒋英在校是名列前茅，多彩多色，学成后成为歌剧女高音之最。返国后受聘为中央音乐学院声乐系和歌剧系教授，不知培育了凡几的杰出男高音、男中音和女高音的艺术家，至今在遍世留音环绕，为国争光。

说回钱蒋两府，有一度在杭州居家，有缘成为比邻。故钱学森与蒋英，两小无猜，青梅竹马，亲如家人。两老目察两小的学业杰出，蒋百里先生向钱均夫先生几次推举钱学森去美国名校求深造，为超人的学识做好准备，将来为国效力。这先见之明自是有功促成钱学森先生(钱老)去麻省理工一年得机械工程硕士，然后转学去加州理工学院，师从航空科学权威冯·卡门，三年后(1939年)获得加州理工航空工程博士学位。1947年返回上海与蒋英喜结鸾俦。佳偶天成，诚是琴瑟连理，百年好合。两年后佳人才子携手回到加州理工母校，被特聘为古根海姆专座教授，领导喷气推进学科专业。

勤奋创新以从善准备

一个伟大的人之所以被公举为伟大，一定有其内在的远大意义。尤其是经历磨折和苦难，需观其人文胸怀的修养，如何以夷为平。钱老在二战期间，在加州理工与冯·卡门合作，立功至伟，诸如以喷气推进协助战斗机于短程跑道上起飞，击敌无数，不一而足。胜利后五年(1949年)钱老思亲心切，欲返故里，探望老父，孝心动天。而且恳切周到，先去华府向海军部多年战友求情，希望争取了解其苦衷，并于友情协助，岂知一错再错，下达小吏，竟被囚禁，真是滔天大错。若能当机立断，由政府领导正式道歉赔罪，犹可原谅，这是恕的一面。同时在加州理工校中，上至校长李·A·杜布里奇(Lee A. DuBridge)，工学院院长弗雷德·林德沃尔(Fred Lindvall)，所有教授如弗兰克·马伯尔(Frank Marble)、邓肯·兰尼(Duncan Rannie)，没有一人不说他是无辜受罪的，大家热情探望钱老，慰问解闷有加，这是德的一面。这种情况，古今中外难免，化解也不类同。孔子弟子张子问曰："以德报怨，何如？"子曰："以何报德？""以直报怨，以德报德。"这是圣贤所云。而钱老的德风，益足启发远瞩高瞻的胸怀。

钱老的伟大，非但不放弃，而有内在的宁静，以助深入的思绪，觅取捷径，追索饶兴好奇的崭新大课题。因此而有工程控制论，再有系统科学，更有物理力学等新领域。钱老在中国极力协助而未能如愿离美返华这五年中，周末备讲稿，下周除正课外，再外加这些新课。不需二三讲，即引起其他教授呼应参与。其中最重要的骨干是查利·德普里玛(Charlie Deprima)和阿瑟·厄德利(Arthur Erdelyi)两大数学教授。吸引得教室座无虚席。年后开讲物理力学时，钱老将古典力学、分子运动论、经典统计力学、量子统计力学，一起融会贯通，更广求应用，看来好似深思熟虑，为来日运筹做好准备。钱老这些宏著，大有孔子困于陈蔡而著春秋之感。周末有时钱老也带领夫人、永刚小弟、永真小妹全家，去洛杉矶西南海滨游玩，举望白云碧空，海波涛涛，心旷神怡，亦堪保健。

冬季加州理工所处帕萨迪纳城旭阳和煦，冯·卡门大师总返加州理工过冬。钱老阖府常去拜访恩师，气氛和蔼可亲，一如家人。有时也带勤奋有志于学的研究生介绍去瞻仰大师。冯·卡门总有意问到论文所做何题，进展何如。一听即昭示大师着眼有多宏观高见，得益良深。

钱老与乃师的感情，初见是师生，立即成父子，不久而合著文献，继之是各行所长，随心所欲，不逾矩。有日当钱老携去他新出版的工程控制论奉赠乃师，冯·卡门翻阅后，笑着说："您现在已在科研创新上超过我了，真高兴。"这是钱老生平一大赞赏兴奋的事。

最后钱老胜利离美返回家园故国，是有莫大意义的。首先他和郭永怀教授、郑哲敏教授等创建中国科学院力学研究所，招收头几次力学班，造就一大批年轻力学精英，立刻形成力学的劲旅。继之有 1958 年香山会议，决定建立直属科学院的科技大学，由郭永怀主持基础力学，钱老接掌工程与应用力学，华罗庚率领数学系，李佩教英语。阵容坚强，无出其右。人才资源落实，自然可以进军中国原子弹、导弹、人

造卫星等等新创业。

集大成而得智慧

钱老留赐世间许多罕见的至宝。不仅有他浩浩科学杂志中许多敏思突破的成就，可以提供发挥新进展，嘉惠学界。更为珍贵无比的是教导做人，和要想做好事业的原则。这项讨论在他谈教育的新书《集大成　得智慧》中讨论得异常深入广泛（2007 年正月上海交通大学出版）。

这些原则在他早期领导科研即已应用，例如引取文献用于自身工作，先要对前人所得结果付于敬意，以有助虚心，亦步亦趋地验证其真实无误，切勿人云亦云。诚如孟子所云："尽信书，不如无书。"一语道出孔子对学问所说"知之为知之，不知为不知，是知也。"这是要建立独立思考才能的秘诀，也是要养成自我自发自信的风尚，必需要遵循的原则，也是必需要有的精神。这也是 2005 年 7 月钱老对温家宝总理来看望他时所说的生平愿望。钱老对温总理相告国家 15 年的工作规划都同意，但是还缺一点，乃是尚缺真正能培养第一流人才的大学。现在回顾，这真是对国家社会极为重要的一点。

现在我们来纪念钱学森先生，一心一意欲承继他所为，信守他所遵循的原则，効仿他的抱负和精神。他将永远活在我们心中。

我们的悼念，总结钱先生为：千秋德风，万世师表。

学习钱学森的工程科学思想

结合力学研究所的发展谈个人的体会

谈庆明

中国科学院力学研究所 研究员

我这个报告的内容是郑哲敏先生刚才讲的内容的延续。郑先生主要讲钱先生回国前的情况，他让我讲讲钱学森先生回国后，主要是创建力学所和力学所有关的一些事情，当然我也只是谈谈自己的体会。这也是一个多星期前在科学院座谈会上谈过的一些内容。

下面分四个阶段讲：

第一个阶段是 1956 年钱学森创建力学所到 1966 年文化大革命。

* 钱学森先生要创建的是一个工程科学所。

* 中科院的任务是做超前的科学研究还是做技术开发？是写论文还是出产品？

第二个阶段是文化大革命结束后恢复科研的时期。

第三个阶段是 1987 年，院领导提出“一院两制，以开发养科研”以后的力学所。

第四个阶段从 2000 年力学所重新成立工程科学部开始。

这里展示的是我们力学所三位元老的照片，前面两位是 1956 年

建所时的正所长钱学森和副所长钱伟长，1956 年年底郭永怀先生也从美国回来，而且被钱学森先生请到力学所来。那个时候，钱学森先生主要的精力已经是到国防部第五研究院去做火箭导弹去了。1957 年钱伟长先生被划为右派分子，不能再担任力学研究所的所长。后来力学所的常务工作，主要由郭永怀先生领导。

第一个阶段：1956 年钱学森先生回来创建力学所到 1966 年文化大革命

* 钱学森要创建的是一个工程科学研究所

据协助钱先生建所的朱兆祥先生回忆，中国科学院请他到深圳去迎接钱先生回国。头一年先陪着钱先生到东北老工业基地参观访问，熟悉国内的情况。然后中央、中国科学院觉得朱兆祥先生很能干，就干脆把他调到中国科学院，帮助钱先生创建力学研究所。文化大革命以后，有一天，郑先生打一个电话给我，他说你来你来，昨天晚上老朱到我家里来，拿了很多笔记给我看，上面记着他在 1955 年，陪着钱先生参观访问，以及建立力学所的情况，还包括陈赓、彭德怀接见钱先生的经过，哎呀！这些内容太丰富了。其中特别是有这么一句话，就是朱兆祥先生说，钱先生回国，中国科学院要叫他建一个力学研究所，其实钱先生本意不是要建一个单纯的力学学科范围的研究所，他是要建立一个学科范围更广泛的工程科学研究所。

* 回溯 1947 年钱学森在交通大学、浙江大学和清华大学讲演："工程和工程科学"

关于工程科学，要回溯到 1947 年，钱学森先生从美国回来探亲，在三个学校，一个是他的母校交通大学，第二个也算是他的母校，就是

他考取庚子赔款留美的清华大学，第三个就是浙江大学，在三个大学做了一个报告，题目是“工程和工程科学”。报告的内容在第二年用英文写成“Engineering and Engineering Sciences”一文发表了，这篇文章非常重要，可以参见《钱学森文集》。这本文集是科学出版社把他在美国 20 年发表的文章整理而成，可惜文章都是影印的，英文的。最近三年在李佩先生主持和指导下，已经把英文全部翻译成中文，2011 年已出版了。

2009 年钱先生去世，因为我已经翻译了这篇文章，就交给《力学进展》的主编白以龙，白以龙说，你提供得非常及时，这篇文章非常重要。《力学进展》发表以后，很多人反映，文章非常重要，内容非常丰富。文章中有几段话很生动地说明什么是工程科学，刚才郑先生也引述过了，钱先生认为，在第二次世界大战中，有两个例子最说明问题，一个是原子弹，一个是雷达。原子弹和雷达在第二次世界大战里是起了决定性作用的。当时美国和英国为了原子弹和雷达的研制，召集了一大批具有最高成就的科学家，其中包括多名诺贝尔奖金获得者。研制具有鲜明的社会目的，就是要战胜德意日法西斯。美国总统罗斯福给科学家的任务是研究制造原子弹——代号是曼哈顿计划。要争分夺秒赶紧造出来。可到底原子弹怎么做，原子裂变的连锁反应原理是知道的，可是怎么做出来，特别是当时裂变核燃料还不够一个物理上要求达到连锁反应的临界质量。在这种情况下，科学家大胆设想出用炸药起爆促成连锁反应的方案，最终获得成功。后来一共造出三个原子弹，第一个在美国本土新墨西哥州的岛上试爆成功，然后第二个第三个扔在广岛、长崎，第二次世界大战就宣告结束。第二个例子是雷达，当时德国希特勒轰炸伦敦，黑压压一片飞机，伦敦人躲轰炸，那是非常恐怖的。可是英国的科学家把雷达做出来了，所以有一次空战，很多德国飞机被打下来了。钱先生在这篇文章中举这两个例子说明，把基本科学原理与社会的需求结合起来，创造出了新的技术、新的产

品、新的武器，解决了第二次世界大战的很重要的问题。这两个例子说明，在科学家和工程师之间，形成了一个新的行业，他说："原子弹和雷达为盟方取得第二次世界大战的胜利做出了重要贡献是公认的事实。短短数年，紧张的研究工作把基础物理学的发现，通过实用的工程，变成了战争武器的成功应用。""纯科学家与从事实用工作的工程师之间密切合作的需要，产生了一个新的职业——工程研究者或工程科学家。他们形成纯科学和工程之间的桥梁。"他很风趣地说，长头发的科学家和短头发的工程师已经没有什么区别。

＊ 初创的力学所除传统的固体力学、流体力学部分之外，还包括了传统力学没有的四个新的学科

物理力学——力学和物理相结合，即微观和宏观相结合；

化学流体力学——力学和化学相结合，要改造化工和冶金工业；

自动控制——所有装置和工业系统要实现反馈、控制和优化；

运筹学——要作出优化的决策，当时针对交通和经济问题，要研究和实现优化。因此建立力学所时也请了人民大学经济系的教授到力学所来工作。

这里分别介绍一下这四个新的学科。

第一个学科：物理力学

1956 年建所，国内没有人懂物理力学，钱先生在回国以前被美国移民局关押和软禁的 5 年期间，放弃了保密的研究工作，潜心研究并取得了两个重要成果，一个是物理力学，一个是工程控制论，在美国写了一本《物理力学讲义》。回到国内，在创建力学所的第一年，从北京大学招收了好几位物理系、化学系的学生来，他们是钱先生亲自培养的物理力学的第一批人才。现在，崔季平还在，其他几位都已离开力

学所。

1956 年亲自担任物理力学研究组组长，以《物理力学讲义》为教材，辅导大学毕业生入门

钱先生培养第一批人才就用他的《物理力学讲义》为教材。他说，我怎么教你们呢，我不讲课，就把我这本英文的《物理力学讲义》给你们，你们好好去读，分工每人一章。每个星期我来半天时间做辅导，你们轮流作报告。你们在台上讲，我在下面评，不够或错误的地方我会指正。同时钱先生也给他们指定许多新的参考文献。这样经过一年的努力，这些第一批的学生基本上掌握了物理力学。钱先生要求他们结合新的文献，在老的英文本《物理力学讲义》基础上，用中文编写一本《物理力学讲义》。现在图书馆里面的中文书就是他们几个在钱先生指导下完成的。钱先生又对崔季平说，你还不能做研究工作，因为人手还不够，你还要去当老师，培养更多的物理力学的人才。

1958 年 在中国科技大学开设物理力学专业，培养了四届毕业生

1958 年中国科技大学成立，专门设立了物理力学专业，让崔季平到那里去教他们。从 1958 年开始，一共培养了四期。

1963 — 1966 年　组建了由科班出身人员组成的物理力学研究室

第一期毕业生 1963 年到力学所来，到四期学生陆续进所时，就发生了文化大革命，那时已经形成了一个完全是物理力学科班出身人员组成的完整的研究室。这样的研究室在力学所是少有的，其他的研究室都是杂牌军，只有这个研究室是钱先生亲自花大力气培养的。按理来说，到 1966 年这个研究室就可以开展方方面面的研究了。那个时

候他们有三个大的题目:高温气体的性质、高压固体的性质、临界条件或极端条件下材料性质的研究。

1967年,物理力学研究室第一次解散

很可惜,很快文化大革命来了。文化大革命前身是“四清运动”,研究所里政治气息已经非常浓重,学术研究气氛没有多少了。

我参加了解散物理力学的最后一次会议。我当然对物理力学的重要性非常明白。比如,知道钱先生自己在美国研究过火箭导弹,洲际导弹必须要飞出大气层,然后要回来再进入大气层,那时速度非常快,与空气摩擦产生非常高的温度,一般材料都要气化。那么能经受这种高温的材料在这种极端条件下有什么物理性质呢?一般实验室里不好研究这种材料性质,这是物理力学一个很重要的研究方向。钱先生本人在美国对原子能也非常感兴趣,包括原子弹,为了研究原子能他还发表过几篇文章,还研究过如何用核动力做核火箭。那么在原子反应的情况下,高温、高压的条件下,材料的性质又会怎么样,他知道,一般宏观实验无法解决这些问题。所以他要开辟这么个学科,要从微观的量子力学、统计力学这样一些基本原理入手,通过计算机的计算,来求解这种极端条件下的材料性质。他心里非常明白,这就是将来必须要解决的,工程技术需要的科学问题。可是学生们不知道。由咱们自己培养的中国科技大学的学生,到了文化大革命中,就变成了中国科学院各个研究所的主要的红卫兵,主要的造反派。他们很快就贴出大字报,反对物理力学。说这个物理力学完全是脱离实际的理论研究,完全是钱学森自己晚年的余兴节目。面临解散的危险,我内心非常紧张,我对这门科学非常有感情,所以我去参加了他们最后一次会议,好像是在力学所大楼的二楼中间的会议室。

钱先生当然也看了大字报。在这个解散会上,钱先生非常难受。他说,物理力学非常重要,你们不知道应用,我知道啊,我不能告诉你

们哪。我们两位老所长，钱先生和郭永怀先生，在保密方面可以称为模范。他们两个常不在所里，到哪里去谁都不知道，包括郭先生要到西部地区去放原子弹，连他夫人李佩先生都不知道。他只说，我要走几天，也不说什么时候回来。钱先生说，物理力学有用，但我不能告诉你们哪。当然我们毕竟工作多年，知道物理力学是有用的。当时数学研究所，华罗庚领导的人都被赶到石景山钢铁厂去当炉前工，拜炼钢的工人师傅为师，去找数学问题研究。你们在座的年轻人不知道当时我们这些情况，加上现在有关的这些历史也绝少介绍，广泛的传媒、书本也不反映这些，这些还只是最近几十年的事情呢。在我们那个时候天天碰到类似于物理力学研究室这样的事情。钱先生在解散会上无可奈何地说：你们要到工农中去，和工农相结合，“上山打柴”；那我就在山脚下等你们，等你们筐里柴打满以后，我就在山下吹个哨子，你们下山吧，回家吧，回到力学所来做研究吧。听了这些话我心里很难受。

可就这样，一等就等了 10 年。文化大革命耽误了 10 年之久。

钱先生那个时候，主要的精力已经在导弹部门。在那次会议以后，他就和力学所军管的主要领导闹翻了。军管人员那个时候根本就不承认你们科学家有多重要。后来钱先生把组织关系迁走，所有的档案关系等等都从力学所转走，转到国防科委去。钱先生在他走以前，文化大革命以前，尽管他主要的精力是放在火箭导弹方面，可是他每个星期还要回来，听郭先生说说力学所情况怎么样，但他主要是要到物理力学研究室去，跟他们讨论问题。在物理力学这个学科里面，在这个研究室里面，他是花费了最大的精力的。

第二个学科：化学流体力学

1956 年　成立化学流体力学组

我本人是和化学流体力学有关的。1955 年钱先生回国，我那时

是大学三年级学生，教我流体力学的老师是林鸿荪先生。他是帮助钱先生建所的两位中年专家之一，一位是刚才讲到的朱兆祥先生，另一位就是林鸿荪先生。我在北大念书的时候，北大数学力学系有 10 位教授，都很有名，但是其中只有一位是力学教授，就是周培源先生，其他 9 位都是数学教授。缺人教力学课，就请了数学所力学室的林鸿荪先生教我们流体力学。四年级时，他带我做毕业论文。论文做得差不多了，他就跟我说，钱先生正在筹建力学研究所，你毕业以后就到力学研究所来。我说我要考研究生。他说，不要考研究生了，钱先生很着急，给了他一个任务，要开辟一门新的学科，就是把力学和化学结合起来，叫化学流体力学。缺人呀，所以要你来。我只招两个人，一个是你，学理的；另外我到工科大学再找个学工的(后来来了陈良，是浙大化工系毕业的)。你们俩跟我学，我跟钱先生学。头两年都在学，跟研究生没什么差别。这样我就过来了。钱先生的目的是要把整个化学工业和冶金工业来个大改造。当然非常吸引人了，所以我不考研究生就过来了。

与化工冶金所所长叶渚沛建立协作关系

钱先生和那时也在忙着建立化工冶金研究所的所长、化工冶金权威叶渚沛先生，他们两人的学术思想非常投机，一拍即合。两个人都是想要改造化工冶金工业，把工业新技术奠定在科学的基础上，这就是工程科学的思想。他们的说法就是，现在的化工冶金是瓶瓶罐罐，一锅一锅煮，把原料倒到瓶子、罐子、反应器里面去，看反应得差不多了再倒出来，这样太不科学了，效率太低，也不能严格控制产物的成分和品质。多年以后，我对力学的方方面面知道了一点以后，才明白了，原来这种思想是钱先生在美国研究火箭导弹时开始形成的。火箭导弹核心的部分就是发动机，发动机的核心是燃烧室，燃烧室就是一种化学反应器，把燃料和氧化剂注进去，经过很快的反应，气体产物通过

喷管，形成超声速的射流，喷射到空气中，产生反作用的推力。同样的道理，地上的反应器是不是也可以这么做，这边原料进去，那边产品出来，反应器的任何一个断面上的状态可以不随时间改变，温度、压力乃至产物的成分都能得到很好的控制，何必要倒进去倒出来，稍有耽误的话，成分就变了，质量得不到保证。

记得有一次，我老师林鸿荪先生得了肝炎。他把我叫去说，有一件事情要麻烦你了。我问什么事情？他说，钱先生答应到白广路黑色冶金设计院去做报告，我不能陪钱先生去了，你陪他去吧。我说可以，我陪他去。钱先生报告的题目现在不稀奇了，当时没有听说过，就是冶金炉的转炉吹氧，把氧气吹进去，用氧气来炼钢。那个年头是用空气炼钢，空气里边五分之四是氮气，铁水跟碳反应太慢，最好把氧气吹进去，能加速反应。他讲这个题目，就是向冶金部的工程师宣传，怎么样把氧气吹进去，引起强烈反应，从而创造转炉这样的炼钢新技术。他的讲演其实是个高级科普，主要内容是介绍空气动力学中的拉伐尔喷管的基本原理，氧气通过这种喷管就能逐渐加速，形成高速的射流，射入铁水，达到强烈搅拌和快速反应的目的。

当年我到研究所以后，看到我的老师和朱兆祥先生正忙于协助钱先生建所。我看老师很忙，不便打扰，所以我第一年就在化学所的图书馆自学，那时候力学所刚刚建所，没有图书馆，没有食堂，都是借用化学所的。我整天泡在化学所图书馆看文献，去学习怎样把力学与化学结合起来。有一本杂志非常好，叫“工业与工程化学（Industrial and Engineering Chemistry）”，每年都有一期集中介绍化工中单元作业的基本原理，美国人已经把流体力学应用到化工中去了。钱先生的眼光非常敏锐，给我们指明了最前沿的研究方向。

我的老师林鸿荪先生跟钱先生商量，定下了三方面的研究题目：

1. 结合化工的是固定床和流态化床中的流动反应机理。

我们同时和化工冶金所建立了协作关系，上面最高层次是钱先生

和叶先生。我的老师,是副研究员一级,他和郭慕孙先生搞协作。我当时是大学刚刚毕业,和化冶所的研究实习员一起学习和讨论问题。我们每个星期都有定期的学术活动。

2. 结合冶金的是转炉吹氧炼钢中的流体力学原理。

3. 结合钱先生领导的航空航天,研究液体火箭中液体燃料的燃烧,准备研究冲压发动机的燃烧稳定性问题。

其中,前两项为改造化工和冶金工业服务;后一项是和钱学森先生领导的国防部五院建立协作。因为人手有限,先做第一个项目的研究。准备第二、三年再补充新毕业的大学生,开展冶金方面的研究工作。

1957年"反右运动",1958年"大跃进运动",化学流体力学研究组即行解散

很可惜,我们已经沿着这样先进的长远方向展开了布局,接着来了1957年的"反右运动",1958年的"大跃进运动",化学流体力学没办法搞下去,研究组即行解散。这是我一辈子的遗憾,这么一个宏大的理想,我没能做多少工作。不过我也要感谢那时候的一些经历。我那时学的有关燃烧的化学反应方面的知识,后来跟着郑先生做爆炸力学的研究时还是有用的。

5年后,流态化和转炉吹氧技术在国际上开发成功

那个年头,我们在大张旗鼓搞政治运动,对科学家实施揭批斗,可是国际上的强国,美国、日本、德国等已经把流态化和转炉吹氧炼钢很快研究成功,变成新的技术。如果我们那时不搞运动,允许钱先生、林先生带领我们去做研究,今天至少不会稀缺自主技术和产权吧。

第三个学科:工程控制论
第四个学科:运筹学

实际上这两门学科一直没有被取消,但研究工作则是时断时续,若即若离

工程控制论方面,1956 年建立力学所时,已经成立自动化研究所筹备委员会,很快独立地成立了研究所。

运筹学方面,一直到"大跃进"出现严重困难以后,科学院在全国实现大调整中,1960 年把运筹研究组划归数学研究所。

但是这两门科学,钱先生思想里一直没有放弃,始终不断在探索。

在组织和研发火箭和导弹工程中实施了"总体设计部",成为系统工程的典范

比如,他到航空航天部门搞火箭导弹,尽管是做工程师去了,但他在那里领导组织了很大规模的一个队伍。包括他自己所在的航天部,以前叫国防部第五研究院,并且组织起和各个工业部门、各个大学、科学院的协作体系。他设立了一个"总体设计部",领导了一个全国的大协作。这样一个庞大、复杂而被实践证明是高效的管理组织体系和协作体系,可以认为是我们国家少有的实现系统工程的典范。

1986 年后　组织系统科学讨论班,形成完整的系统科学的思想;并建议中央成立 5 个总体设计部

1986 年钱先生退下领导岗位以后,在家里组织了一个系统科学讨论班。在这个系统科学讨论班里,我认为他是把 20 年领导火箭导弹这么一个规模巨大工程的实践经验,提升到理论的层次,形成比较

完整的系统科学的思想。其中的实际贡献，就是向中央建议，要成立五个总体设计部。一个国家是个大系统，不能头痛医头，脚痛医脚。他建议所有的总体设计部，要把方方面面的权威行家组织起来，其中包括科学家、工程师、管理专家、社会科学家，帮助政府方方面面搞系统设计，搞优化。你看我们现在对什么事件都措手不及，这几个星期，报上争论，为什么物价涨了。而在前几星期，很多经济学家跑出来说没有通货膨胀，通货膨胀指标只是百分之二三，谈不上通货膨胀。只有凤凰台在那儿，请了几位专家议论说，这样涨下去不得了，要控制。连这么重大的问题都没有一个总体的头脑在那里规划。钱先生建立起了一个比较完整的系统科学思想体系，并且给中央提供了一个非常重要的成果，就是建议建立总体设计部。可是没有听到有什么大的反应。

* 1960 年 郭永怀先生和钱学森先生都很重视爆炸力学和等离子体力学研究，成立了爆炸力学研究室和等离子体力学研究室

钱学森亲自命名爆炸力学

爆炸力学这个学科，这四个字是钱先生亲自命名的。来由是在 1958 年大跃进的时候，有人看到国外文献中报导爆炸成形的研究，即用炸药把一个薄板炸成一定的形状，觉得对制造工业有用，赶紧研究。那个时候正是大跃进年代，批判知识分子，批判科学家，在中关村大楼里做科学研究，就被批判成资产阶级的科研方式；到工农第一线去，拜工农为师，那就是无产阶级的。郑先生带着一帮人到各个地方，杭州锅炉厂、哈尔滨锅炉厂去做。在那个年代，没有可能研究什么科学规律，没有科学的储备，当然不可能马上做出产品来。一年耗过去，厂方的态度也冷淡了，我们只能回来了。那个时候正好因为“大跃进”饿死

了很多人了，聂荣臻在广州召开广州会议，说是给你们知识分子举行脱帽加冕典礼。把资产阶级帽子摘掉，给知识分子戴上无产阶级的桂冠，希望科学家们还是要好好去做研究，搞发明创造。在这种气氛下，郑先生回所，从头再搞工程科学的规律性的研究。把炸药内部发生的过程，在水里爆炸产生冲击波的过程，冲击波打到毛料上的过程都搞清楚，特别是，发现毛料的高速变形会在水里引发气泡，产生空化现象，引起了第二次加载(冲击波是第一次加载)的过程。在这样的基础上研究得到了爆炸成形的模型律(相似律)。通过实验室里做的一系列小规模的模型试验，终于整理得到如何放大的规律，以此为基础，可以放大实验规模，做出大型的产品实物。

在我们楼前的篮球场上搞过一次现场演示，钱学森先生专门组织这次展示：用一个雷管，把一个小薄铁片，炸成了一个碗。钱先生绕场一周，把当场炸成的小碗端给大家看，并且说：你们不要小看这小碗，将来在机械工业里面要形成革命的。因为钱先生是两方面的负责人，一面是力学所的所长，另外一面又是五院的院长，等到我们有了这么一种放大的规律以后，他对火箭导弹部门下指示，要在首都机械厂设立一个车间；让我们把爆炸成型的原理和模型律的方法教给那里的工程师，怎么样做放大实验，把实物产品做出来。经过一年努力，他们把火箭的关键部件——喷管做成功了。钱先生非常高兴，说了一句话：现在看来，一个新的学科形成了，就是爆炸力学。

同时，他说应该召开一个全国性的学术会议，你们找北京市最好的宾馆来开这个会。当时苏联专家撤退以后，友谊宾馆空着，我们就在友谊宾馆开会。他说，你们要做学术报告，不仅力学所要做报告，首都机械厂的工程师也要来做报告，现身说法，介绍导弹的喷管这种最关键的部件，又大又薄，形状又复杂，是怎么样用爆炸的方法做成功的。这里面用的是力学的规律，是力学研究的结果。你们还要展览，准备好展板。记得在开会之前，钱先生突然到我们实验室来了，他要

看看我们的展板到底准备得怎么样。他兴冲冲过来，停在一个展板前面，皱起眉头来了。以前他称呼他的学生郑哲敏叫郑先生，这次他发火了，他扳起面孔说，郑哲敏呢，把他叫来！我们赶快把郑先生请来。钱先生指着那个展板说，你看看。郑先生一看，马上道歉。他看到有的数据的"有效数字"写到五六位之多，哪有那么多有效数字呀，这像力学所的工作吗？郑先生赶紧检讨说，我没注意，没注意，叫他们改。所以钱先生非常严格。一方面对我们工作很高兴，但一方面也防止出洋相。

当年北京航空学院有位副教授(那时郑先生也还是副研究员)，他不相信力学所会有这么样的研究成果。他说，爆炸现象很复杂，眼睛一眨就变了，哪会有什么科学理论？他不相信。谁知道友谊宾馆的会上，工程师现身说法，我们还提供资料，还做报告。过了一段时间，传过来一个消息，说这位副教授先生承认了，力学所的工作有道理。他本人也在做爆炸成形，不过是用经验的方法去做，做一个小模型实验，然后放大 1.1 倍，如果行了，然后再放大 1.1 倍，这样慢慢地把放大比例翻上去；而我们是运用放大规律，几倍几倍地放大上去，这就是差别。什么叫科学，什么叫工程，就是有这个差别。从此以后，爆炸力学的名称有了，郑哲敏先生领导着我们在爆炸现象的多个方面展开了研究。

等离子体力学，钱先生、郭先生两位也认为非常重要，天体里几乎全是等离子体现象。为研究清洁能源的托卡马克热核反应，主要就是研究等离子体的运动原理，现在美、欧大国还在研究。低温等离子体可以用来做加工手段，有很大的用途，因此钱、郭两位在力学所创建了等离子体力学研究室。第一任研究室主任就是郭先生本人。

＊ 尽管政治运动不断干扰，力学所到文化大革命开始时，工程科学研究还是在以下四个方面做出了成绩

（1）配合火箭导弹的研制，实现了液氢一液氧发动机试车台的点火燃烧；以及建立了大功率等离子体加热器。后者是指，火箭再入大气层后，表面温度变得很高，在实验室里怎么样模拟这种高温条件，力学所采取了用非常规的等离子体加热的办法，进行了烧蚀的实验和理论研究。

（2）在爆炸加工、爆破以及空中和地下核试验等方面，取得一系列成果，为钱学森先生本人命名的"爆炸力学"打下基础。

（3）对上海的地面沉降现象，找到了原因并给出了防治措施。

（4）在力学所筹建了我国研制人造卫星的第一批核心队伍。文化大革命以后这部分队伍独立出去，成立了卫星研究院，该院的总体设计部以及很多重要的实验室的骨干，许多都是力学所出去的人。

＊ 中科院的任务是做超前的科学研究还是做技术开发？是写论文还是出产品？

上述一系列政治运动的干扰在科学和技术研究方面究竟反映了什么问题？集中起来可以归纳为四个字："急功近利"。到底中科院的任务是做超前的科学研究还是做技术开发？是写论文还是出产品？这两个问题我们的领导始终搞不清楚，可是钱先生和郭先生心里非常明白。

在组织协调全国火箭导弹大协作中，钱先生始终强调中科院要超前于产业部门，做前瞻性的研究，主要是研制新型燃料和研究液体燃料的燃烧稳定性问题

钱先生始终强调中国科学院的各个研究所要参与这个大协作，可是科学院做的工作跟五院等导弹部门的不一样。科学院的工作要超前于产业部门，做前瞻性的研究，比如力学所主要是研制三级火箭和

四级大型火箭的新型燃料以及燃烧室内稳定燃烧的机理这种问题。可是，中国科学院的领导、力学所的领导却觉得，做理论研究写几篇论文不过瘾，得不到中央的承认，体现不了自己工作的价值。也要直接搞火箭，也要做导弹。

很多人都不知道，力学所当时的规模要搞得很大。我参加过劳动，到怀柔去为力学所修过铁路，差一点就参加发电厂的建设。在那里要搞一个大规模风洞，要求很大的供电量，北京市发电厂不够供应，要自己成立发电厂，力学所还要有自己的铁路系统。可是大跃进时期死了许多人，我们这个浩大工程也做不下去了。那个时候，钱先生和力学所的党委书记矛盾很大。我知道他们矛盾的要害，我当然认为钱先生正确。他说搞火箭搞导弹是要花大钱的，中国只能一个单位搞。中国科学院不能搞，不要搞。但是科学院要搞前瞻性的工作，有关三级、四级火箭的科学问题现在要等着科学院去解决。现在产业部门那边是做一级、二级的固体火箭，你们也去搞固体火箭有什么意思啊？你们做成了也可能人家不要的，人家的经验比你们丰富得多啊。钱先生是苦口婆心，但是我们的领导听得进去吗？听不进去。我的老师林鸿荪先生在分部，所以我猜想他的日子很不好过。他是要争取入党，后来的确入了党，他要受到组织上的约束。叫他搞实物也只能去搞实物。给他的任务是要把固体火箭放上去，每次发射试验，把分部所有的人调动起来，分散在野地里面，发射失败，在哪里掉下来，赶紧去捡，捡回来再分析。实际上钱先生已经说了，这种工作是重复，那边有人搞，不要你们搞。可是这里就是不听。

＊ 1959年向中央提供“关于在中国科学院配合国防需要开展火箭技术探索性研究的意见”

1959年6月14日，钱先生给中央提供一个意见书，“关于在中国科学院配合国防需要开展火箭技术探索性研究的意见”，在其中明确

建议科学院各研究所为配合国防部的研究设计单位进行火箭技术的探索性研究；不是去做实物，不是和国防研究部门一样做固体火箭。

＊ 1965 年对力学所四清工作队负责人明确指出应该有分工

1965 年“四清运动”中，文化大革命前夕，当时力学所已经被四清工作队监管。4 月 13 日，钱先生对四清工作队队长说：“我对张副院长（当时中国科学院第一把手张劲夫）说过，力学所本身不出产品，是出报告，当然报告要联系实际，解决（和提供）工程技术中需要的资料。有的人好像要力学所做个机器，我感到这是有困难的。”这儿“有的人”，就是中国科学院的领导、力学所的领导。这正是文化大革命的前一年，他非常明确地指出来，应该合理地分工协作。

＊ 1959 年郭永怀先生布置全所全年工作时的一段话

再举一段话。郭永怀先生在大跃进的第二年，即 1959 年，他已经发现大跃进里做法的荒谬、浪费和破坏性，力学所也在那样干。对这种干法，他是既生气又着急。那个时候，他已经负责力学所的常务工作。他在 1959 年年初布置全年工作时，明确指出：“一个研究所如力学所的任务，是进行理论研究，完成后把研究成果交到设计部门，再由他们像接力似地展开下一阶段开发工程产品的工作。”他很明确地指出，不是由我们去做开发工作。郭先生当时是冒着政治风险讲这段话的。事实证明，很多人后来真因此被打成彭德怀右倾机会主义分子。

第二个阶段：文化大革命结束，恢复科研时期——70 年代后期

＊ 第二任所长郑哲敏先生全面恢复工程科学研究体制

郑先生一方面开辟成立基础力学研究室，研究流体力学的湍流的

机理和固体力学的断裂的机理；另一方面，大量部署工程科学的研究，结合国家经济建设的需要，明确提出力学所在能源、环境、海洋、灾害防治等方面，展开工程科学的研究。

＊ 协作非常活跃。基础研究、“863”高技术研究和民用煤与瓦斯突出机理研究等方面成果不断

那个时期气象更新，内外协作也非常活跃。比如郑先生建立的基础力学实验室，当时是中国科学院的开放实验室。他的开放程度就和别的单位不一样。别的开放实验室是向国家要一笔钱，就在本单位用，肥水不外流。他是真正做到开放，他规定大部分经费要给别人用，别的单位、别的研究部门、别的高校可以到我们这来申请项目。他成立了一个学术委员会，请天津大学的周恒当主任。每年开两次会，年初一次，年底一次。年初是审查项目申请，谁都可以申请；年末要验收。那时周恒先生说话算数，不是郑先生说话算数。真正做到开放。所以他的实验室，后来在每年评比时，在中国科学院总是第一名。后来有个规定，连续三年是中国科学院第一名的开放实验室，自动晋升为国家开放实验室。

协作非常的活跃，无论基础研究、“863”高技术研究和民用煤与瓦斯突出机理研究等方面成果不断。煤矿安全问题是最使国家领导人伤脑筋的事情，在那几年里有明显的进步。

＊ 1982 年钱学森先生在力学学会成立 25 周年理事会议上致开幕词

1956 年建立力学所，第二年 1957 年成立力学学会，到 1982 年 25 周年，钱先生当了 25 年的理事长，在此时交接班，交给了钱令希和郑哲敏先生。这次理事会开得很有特点，不只是开个选举会，还要开成一个学术讨论会，专门邀请国内方方面面的权威给力学研究出题目。

钱学森先生致开幕词，很长的一个开幕词，非常精彩。中心思想谈了三点。

第一点，力学为工程设计服务，直接为发展生产力服务；

第二点，力学也是为发展其他自然科学服务的；

第三点，力学的方法也可以用来为发展自然科学服务，比如说无量纲方法、相似律方法。

他还是继续关心着力学的研究工作。

那次的理事会，第一个大会学术报告是请了机械工业部的总工程师陶亨咸先生做报告，很精彩，讲了机械工业中很多需要力学解决的问题。钱先生专门写了一个条子交给郑先生，说人家机械工业部给我们提了那么多的问题，就看你们的了，你们要解决啊。力学界要和机械工业界一起解决这些问题。

郑哲敏先生也在会上做了煤与瓦斯突出的报告。我记得那次他做完报告后，朱兆祥先生本来坐在后面，他赶紧冲上前去，我也跟上去。我就听朱先生向他祝贺，说你今天做了非常重要的报告。煤和瓦斯突出那么复杂的现象，你居然把其中起关键作用的力学问题提炼出来，我佩服你。第二句话他说，你还要自己带队伍来解决这个难题啊，我更佩服你。会上十几个报告都非常精彩，后来力学学会就专门出版了一本书，书名是《力学与生产建设》(北京大学出版社，1982 年)，我建议年轻人到图书馆去读读这本书。

* 2007 年钱学森先生专门为力学学会成立 50 周年写信祝贺

到了 2007 年，力学学会成立 50 周年。钱先生专门写信祝贺，指出："我认为，近 50 年来，人们通过实践认识到力学(或叫应用力学)有两方面的服务对象，一是为工程技术服务；另一是为发展自然科学服务，二者是相辅相成的，相互促进的。"这就是工程科学。

第三个阶段：1987 年，中国科学院领导提出“一院两制，以开发养科研”。力学所又一次偏离工程科学研究的方向

＊ 解散爆炸力学、物理力学和等离子体力学三个研究室

力学所领导响应中国科学院领导号召，解散了爆炸力学研究室、等离子体力学研究室，并且第二次解散了物理力学研究室。郑先生在文化大革命后好不容易第二次把物理力学研究室建起来，这次又被解散掉。三个研究室的建立都和钱先生有关，钱先生自己建立的物理力学研究室被解散，他命名的爆炸力学研究室被解散，钱先生和郭先生两人建立起的等离子体力学研究室也被解散。三个最活跃的交叉力学学科，最有生命力的，和工程技术具有密切联系的，都被解散。

＊ 解散研究室是为了成立所谓“联队”，开公司，要从事技术开发

从那时到现在，时间也不算长，再去找一找，现在力学所还留了几个公司啊？公司倒是不多了，因财务问题被法院传唤的倒不少。

从此，力学所又一次偏离工程科学研究的方向。

到了本世纪初，中科院领导又提出考核科研有两个主要指标：第一个要数发表 SCI 论文的篇数，第二个要数创收金额，把这两个作为绩效考核。科学研究工作又一次遭受了大摧残。

第四个阶段：从 2000 年力学所重新成立工程科学部开始

郑哲敏先生经过认真总结思考，觉得力学所这样下去不行，必须彻底改变现状。不能取消工程科学，不能不研究解决国家需要的重大问题，现在尽是小打小闹，把研究所变成了“东安市场”。郑先生酝酿在力学所成立“工程科学部”。取名“工程科学”，意在恢复、传承钱学森先生建所宗旨。

2000 年 3 月 13 日，正式成立了“工程科学部”。又恢复了针对国家需求的研究。

2009 年，中国科学院领导已经批准力学所成立钱学森实验室。可是，大家也都知道，就在这个时候，咱们怀柔基地被强行拆迁，实验室夷为平地。一面在纪念钱学森，号召大家学习钱学森；一面，钱学森的“大本营”却是这么种境遇。所以我在科学院座谈会上的最后一句话是，呼吁白春礼副院长支持钱学森实验室。

今后会怎么样，大家拭目以待吧！

回顾《钱学森文集》的翻译

在《钱学森文集》出版座谈会上的报告

谈庆明
中国科学院力学研究所 研究员

摘要

读者可以从“Collected Works of H. S. Tsien”的中译本中理解：

(1) 钱学森对科学的贡献；

(2) 钱学森的志向和风范；

(3) 钱学森的科学思想；

(4) 钱学森的教育思想；

(5) “钱学森之问”的答案。

从翻译和阅读过程中，译者及读者能够对钱先生最后给温家宝提出的问题——“钱学森之问”，做出应有的回答。

翻译任务的由来

2008 年钱永刚找到他父亲的老朋友李佩先生，请她组织翻译钱学森在美国学习和工作期间公开发表的论文集——“Collected Works of H. S. Tsien 1938－1956”。文集共有 51 篇论文，800 多页。内容可以按照专业分为七个部分：

1. 流体力学

2. 固体力学

3. 喷气推进

4. 发动机热化学，原子能

5. 物理力学

6. 工程控制论

7. 科学与教育等

李佩先生就组织上述七方面的专家分别翻译相应部分；并且特邀郑哲敏先生为中译本作序。

郑先生说钱先生是他的老师，但也只读过他写的有限几篇文章，文集中的 51 篇文章中多半没有读过。这次李先生要他写序言，他必须把每一篇文章都读一遍。当他把所有的文章读完以后感慨地说，哎呀，钱先生的许多好思想过去还没体会到呢。所以，这个序言就是在郑先生经过全面通读和思考的基础上写成的。这里也能体会到，能够请得动郑先生来写序言，能够请得动大家来翻译领域非常宽广的文集，也只有靠李佩先生的睿智和权威了。

这一次，负责编辑和出版的上海交通大学出版社跟我们合作得非常好，非常尊重专家的意见，配合非常密切。出版社也特别请了一位资深的退休的编辑来配合。在六审六校的工作过程中，肯定有不同的意见；但是这并无大碍，大家翻来覆去商量，把问题吃透，分歧便容易

消除。至于少数分歧，一时难以把握，最后就交到李先生手里，李先生会又一次地组织专家来讨论和辩论，最后大家把认为比较满意的结果翻译出来，所以质量是能够得到充分保证的。

郑先生在序言中做了非常扼要的总结，我觉得这是一个非常精炼的导语。

序言说明：钱先生留学美国时正是航空工业从低速到高速发展的时期，他的老师冯·卡门还刚刚帮助美国的飞机工厂，从帆布加木头制造飞机过渡到做出全金属飞机的阶段，但是它的速度是低的，所谓的马赫数还是很低的，不是现在所常说的什么超声速。那时的理想是要跨声速，然后才是超声速。

所以，那是一个研究飞机想从低速向高速发展会遇到什么难题的时代。当时遇到两大障碍，一个是声障，要超过声速 340 米/秒，一个是要克服热障。钱学森先生就在这个时候对这两种障碍都做出了重要的贡献。他做博士论文的时候，就是瞄准那些最难的题目。他的学位论文有四个部分，其中一个部分就讲的热障。当时大家以为，飞机在高空飞行的时候，碰到的空气是冷的，所以空气对飞机是冷却作用；但是他发现不对，高速飞机与空气摩擦生热，在飞机附近的空气是热的，是高温的，空气对飞机起到加热的作用。如果飞行的马赫数进一步提高，这个加热作用甚至于要使金属飞机的外壳软化。如果是火箭导弹，那么速度就更高了，火箭导弹的外壳不仅要熔化，甚至要气化。发现“热障”，就是他的博士论文里面的一部分工作。所以，郑先生在序言里面说到，火箭导弹在当时还是科学幻想的阶段，人们要飞出地球是个科学幻想。钱先生做火箭研究，是以一个理论家的身份参与了加州理工学院的火箭小组，每次试验失败，他就要承担理论分析的责任：查失败的原因，从理论上找原因；应该怎么样改进，提出解决一系列的关键问题和解决方案。文集中刊载的论文就是这个过程的真实记录和客观见证。

郑先生在序言里也说到了，钱老在许多方面做了专题性的研究以后，在美国的20年，在后半期，他从更高度的角度思考，跳出力学等一些专业的领域，以更高的着眼点、更高的层次、更广泛的视野，富有前瞻性、战略性、开创性、预见性地发表了一些论文，包括原子能、工程和工程科学、火箭和喷气推进，古根海姆喷气推进中心的教学与科研，物理力学以及有关火箭控制导航的一系列论文，也就是这一系列论文变成他后来出版的工程控制论的前奏。

由于时间关系我只介绍我参与翻译的两篇文章：

1. Engineering and Engineering Sciences

   工程和工程科学

这第一篇文章是"工程与工程科学"。1947年他回国给母校交通大学、浙江大学及半母校——清华大学做的报告。因为他考取了清华学堂招收的庚子赔款赴美留学生，所以清华就是他的半个母校。他回到美国以后，写了"Engineering and Engineering Sciences"一文，在美国用英文发表。

2. Instruction and Research at the Daniel and Florence Guggenheim Jet Propulsion Center

   古根海姆喷气推进中心的教学和研究

这第二篇文章就是他到了麻省理工学院做了副教授，第二年当了教授以后，又被冯·卡门请回加州理工学院，在喷气推进中心（JPC）（JPC这个三个字易与JPL相混，后者是冯·卡门、马林纳和钱学森奠基的喷气推进实验室），给军方办了一个研究生班。他这篇文章里面讲的是他的教学和研究的思想和实践。

第一篇文章的内容就是他在三个学校所做的报告。他主要是希望交通大学、浙江大学、清华大学的教授以及年轻的学子注意，有一门新的科学叫工程科学，报告的目的是吸引他们用工程科学来振兴中

国。他在文章里面，用第二次世界大战中间的两个例子来说明工程科学的重要性。这两个例子便是原子弹和雷达的研究和使用，它们在二次大战里面起了非常关键的作用。这说明，在纯科学和工程之间架起了桥梁，从而形成了工程科学。首先是科学家的预见和实践，比方说原子弹，爱因斯坦知道原子内部的能量很大，将它释放出来可以造成很可怕的杀伤力。如果希特勒抢先研制原子弹，那全世界都要遭殃。所以他去动员美国总统罗斯福，一定要重视，一定要先研究出来，一定要先掌握原子弹，所以工程科学的开题首先靠科学家。罗斯福终于被说服，最后决定组织美国大批的科学家，顶尖的工程师组成一个团队，代号叫曼哈顿计划，这里政治家也起了重要作用。经过不断的努力，盟国很快跑在希特勒之前，运用科学与技术的强-强协作，最后掌握了原子弹。第一个原子弹在美国本土新墨西哥州的沙漠里面的一个塔上爆炸了，证明研制是成功的。手上还有两个原子弹，就扔在日本广岛和长崎，这个时候就逼得日本天皇无条件投降。过去毛泽东说过，原子弹是纸老虎，这不对，这不是那么个历史事实。原子弹起了关键作用，不是纸老虎，而是真老虎。所以这种工作先是由科学家提出来，然后要由国家来组织多方面的专家协作攻克科学难题，然后开创新技术、进而引领了新产业。现在大家都知道了，原子科技已经发展成为产业；但是在那个时候，哪有什么产业？还在科学家的实验室里面刚开始做研究呢。那么这么一种科学就是具有前瞻性的科学，预见到国家社会有重大需求，然后来组织科学家进行研究，走在非常前面的这么一种科学，这就是工程科学。

第二篇文章是钱先生在 1949 年担任了喷气推进中心（JPC）的主任时写的。这个中心专门培训军方选送的研究生，课程以综合型的方式覆盖全部喷气推进系统的性能和基本原理。因为那个时候，钱先生他们已经对火箭做了系统的研究，已经用到了军事里面去了。当时美国的将军们说，我们的军官、我们的军工厂很多技术人员不懂，你们得

讲课，中心的形成就是这么一个结果。那么钱先生就把理论和工程技术结合在一起，在加州理工学院办了这个中心。目的是三个：第一，要按照博士后的级别来培育新一代的学习者。那个时候他自己已经40岁，还要培养二三十岁的人出来。在这个中心里，要将飞得更高的问题作为研究的前沿，推向更新的范畴。第二，就在喷气推进领域，既要提出先进的理念，而且还要贡献基础知识，这些任务当然都是新的。第三，还要培养出应用型人才，不仅仅是应用在军事上。他制定了三类培养计划：第一个是五年的计划，目的是取得科学硕士学位；第二个是六年的计划，要取得航空工程师的学位；第三个，如果愿意的话，还可以留下来作博士生，授予博士学位。所以培养计划非常周到。可以清楚地看出，他在喷气推进中心工作中所取得的丰富经验，就是他后来回国以后创办我们中国科技大学的一个基础，中国科技大学就是要办成以“理”来引领“工”的加州理工学院类型的学校。理科知识要打得很扎实，工科要熟悉工程技术问题，要会机械制图，要培养出会做工程技术工作而又能做科学研究的这么一类学生。所以他提倡的是理工结合，而要以理来引领工。他主张中国科技大学不要办零一系、零二系……零八系。他批评说，要那么多系干什么，我只要一个系——零零系，理工一样学，出去什么都能干，他提倡的是通才教育。

最近五年，我们国家又在辩论了，是专才教育还是通才教育？因为专才教育失败了，所以说到这儿，我想可以回答钱学森晚年多次向温家宝提出的“钱学森之问”——为什么我们长期以来培养不出杰出人才。郑先生最近给中国科学院老干部做了个报告，我在此摘录他最后一张幻灯片上的一句话：你们要问“钱学森之问”的答案吗？“要还原一个真实的钱学森，那么你要学历史，从他的学习和工作经历、主要言论中间，不难找到答案。”实际上，我们认为钱学森之问是明知故问，他没有自己回答，而是去问温家宝，你们做领导的应该回答。钱学森去世的时候，不少人民群众去问他的身边助手，钱学森留下了什么遗

言没有？答复是钱老走得很安详，最后一段时间他也说不了话了。如果你一定要说钱老有什么遗言，我们可以回去把他在几年以前，住在301医院的时候（2005年3月29号），突然把他手边的人找去，谈了半天的那个记录整理出来，发表出来，大家看看这可能应该算是钱学森的遗言。钱学森那次谈话，专门回忆和介绍他的母校美国加州理工学院是怎么培养人的。他说，创新的氛围弥漫在整个校园，可以说整个学校的精神就是创新。他又说那里的学术气氛非常浓厚，学术讨论会十分活跃，互相启发、互相促进。我们现在倒好，一些技术和学术还互相保密、互相封锁，这不是在发展科学。他还说，我们的老师鼓励我学习各种有用的知识，航空系的我去听物理系的课，去听化学系的课。他又说加州理工学院给教授们、也给年轻的学生们，提供了充分的学术氛围，不同的学派、不同的学术观点都可以充分发表，学生们也可以充分发表自己的不同学术见解，可以向权威们挑战。他又说，像加州理工学院这样的学院，光是为中国就培养出许多著名的科学家，像钱伟长、谈家桢、郭永怀等等都是加州理工学院培养出来的。他说了那么多，就是要我们向加州理工学院学习，学习它的科学创新精神，这是他最后的总结。

所以钱学森何以会成长为一个全世界闻名的科学家，其主要的因素，按我的理解，是否可以归纳为三点：第一点，庚子赔款留学美国得到了大师冯·卡门的精心培育和引领；第二点，他们背后有一个美国的五星上将阿诺德，因为这位五星上将把拿着中国护照的钱学森请进了美国的五角大楼，参与制定了美国的最高层的航空发展研究规划，这个航空研究规划的名字我们翻译成“迈向新高度”。正是这个规划，奠定了从20世纪下半叶一直到现在，他们的空中霸权的一个基础。这个文件一共十四卷，钱学森是里边的主要作者。永刚、李先生还要我们把“迈向新高度”再翻译出来。第三点，美国的民主社会制度下思想自由、学术繁荣。

下面展示几张相片。第一张是规划书“迈向新高度”的封面，钱学森是主要的作者；第二张是钱学森同冯·卡门的照片；第三张是那位五星上将阿诺德的照片。

以上简要回顾了《钱学森文集》的翻译。不当之处希望诸位批评补充，读者将会从中译本里边理解到，钱学森的科学思想和教育思想，以及“钱学森之问”的真正的答案。

谢谢。

（李伟格根据录音整理）

参与翻译《钱学森文集》的体会

谈庆明
中国科学院力学研究所 研究员

三年前，钱永刚先生约请李佩先生组织资深科学家翻译《钱学森文集(Collected Works of H. S. Tsien 1938—1956)》(英文)，目的是让中国读者了解钱学森在美国近20年的科学贡献，学习他的科学和教育思想。李佩先生约请了多个专业领域的资深研究员参加翻译和校对，还特约郑哲敏先生撰写中译本的序言。全书800多页，参与译校和编辑的人员有20多名，历时2年。

本书的翻译工作可以说是11年前编选《钱学森手稿》的继续。后者是从钱学森在美国近20年工作的一万多页手稿中，挑选500多页的典型篇页照相排印而成。因为原稿用英文书写，为了方便中国读者，在每篇文献之前都附有编选者所写的中文说明，说明作者当时的研究背景，选题的重要性和存在的困难，解决问题的思路，研究结果，以及对发展工程技术的贡献。郑哲敏先生当年曾把新出版的《手稿》送给中国科学院的老领导张劲夫同志。他读后兴致大发，说他看不懂英文的内容，但是读了其中的中文说明，解开了积压在他心中几十年

的谜团。原来张劲夫同志在1956年协助钱学森制订我国科技发展12年远景规划时，很钦佩钱学森的远见卓识，同时又纳闷，此人真神，什么都懂。读了其中的中文说明，才知道，原来钱学森在美国的20年，那些尖端科研都做过。

钱学森当年的研究成就和贡献，在郑哲敏先生为《钱学森文集》中译本的序言中概括得简明扼要。郑先生为了写好序言，认真读了《钱学森文集》的英文本。下面引述序言中的两段话，概括了钱学森的科学贡献以及他的工程科学思想的形成和发展的历程：

“钱学森先生留美时期正值航空工业从低速走向高速和航天工业起步的阶段，需要解决众多极具挑战性的科学问题。钱先生在这些相关领域内，提出和解决了一系列关键问题。文集刊载的论文既是这个进程的记录也是客观的见证。”

“钱先生除了继续在许多方面进行专题性质的前沿研究之外，站在更高的层次，以更广阔视野，极富前瞻性、战略性、开创性和预见性地发表了一系列论文。这包括，‘原子能’)(1946)，‘超级空气动力学：稀薄空气动力学’(1946)，‘工程和工程科学’(1948)，‘火箭和喷气推进’(1950)和‘古根海姆喷气推进中心的教学与科研’(1950)，‘物理力学，工程科学的新领域’(1953)，以及一系列有关火箭控制和导航方面的论文，关于控制和导航的一批论文便是随后发表的著名专著《工程控制论》(1954)的前奏。”

我有幸参与翻译了好几篇意义深长的文章，受益良多。下面介绍其中的两篇文章，分别反映钱学森的工程科学思想和他的教育思想：

(1) Engineering and Engineering Sciences”

应该指出，钱学森的“Engineering and Engineering Sciences”(工程和工程科学)一文是他对我国的重大贡献。1947年他回国探亲，在交通大学、浙江大学和清华大学做了题为“工程和工程科学”的报告，一年后用英文发表在J. of the Chinese Institution of Engineers, Vol.

6，1－14，1948。早在64年以前，他就对国内的教授和青年学子们宣传工程科学的重要性，呼吁大家为振兴中华投身工程科学的研究和教学。文中以第二次世界大战中起关键作用的原子弹和雷达为例，说明科学家预见到社会的迫切需求而超前进行科学研究的重要性，从中也可以看出政府支持和组织这样的大型科学工程的必要和价值。

（2）“Instruction and Research at the Daniel and Florence Guggenheim Jet Propulsion Center”（J. Am. Rocket Society，Vol，104－106，1950）”

该文介绍钱学森主持的JPC（喷气推进中心）的教研工作。文中指出：“中心的目的有三个：①按博士后的级别培训青年工程师和科学家，竭力培育新一代先驱者，将飞行前沿推向下一个‘更高的’范畴；②在火箭和喷气推进领域研究新问题和提出先进的理念，竭力对这一新领域的坚实发展贡献必要的基础知识；以及③促进和平时期火箭和喷气推进的商业和科学应用。”

这段话充分反映钱的工程科学思想以及他的教育思想和实践。他所关注的是“培育新一代先驱者”，将科学、技术“推向下一个‘更高的’范畴”，“促进和平时期火箭和喷气推进的商业和科学应用”，当然也意指高科技的应用。而学生必须掌握并发展“必要的基础知识”和“先进的理念”。这也是后来他回国以后在1958年首先建议并参与创建中国科学技术大学的指导思想，即理工结合的思想。

最后，谈谈对翻译科技文献的两点基本要求：专业—外语—母语的水平；认真细致的工作精神。下面举两个例子：

（1）在钱学森的“Analysis of Peak－Holding Optimalizing Control（峰值保持最优控制的分析）”一文中，在谈到火箭燃烧室中发生的燃烧振荡现象时，作者用到了“Hunting”一词。在《钱学森手稿》一书中，我误译为“搜索”。这次，我们在逐字逐句的翻译过程中，才意识到上次翻译的错误。因为文中说到，“The periodic variations of

input and output are called the hunting of the system. ... The extreme variation of output is called the hunting zone."在字典上"hunting"一词有"寻找"、"摆动"、"跟踪"、"搜索"、"振荡"、"偏航"等译法。以前我只是看了手稿中论文的摘要，就想当然地译为"搜索"。这次，我们读懂了上下文，参考了文中的附图，将"hunting"译为"振荡"，最后还请了相关领域的专家予以肯定。这一事例说明翻译对专业知识水平的要求，也说明翻译工作要求仔细认真。

(2) 这次翻译工作体现了翻译人员和编辑人员之间的很好的合作和理解。仅举"dimensionless"一词的翻译为例，按照"国家标准"，一定要求出版社的编辑把中国作者书写的"无量纲的"一律改为"量纲为一的"。这次交通大学出版社的编辑非常尊重资深译校者的意见，而他们自己也懂得该词的专业含义，所以冲破"国标"这个桎梏，赞成我们采用"无量纲的"提法。钱学森自己曾经多次说到过这个词，譬如他在中国力学学会第二届理事会扩大会议的开幕词中说道："从为工程技术服务而发展起来的行之有效的力学方法来看，也可用来为发展自然科学服务。比如说无量纲方法、相似律方法。"这一事例再次说明翻译工作对译者专业水平的要求。

学习钱老工程科学思想的几点体会

经福谦
西南科技大学材料科学与工程学院 院士

钱学森院士是我未曾谋面但十分仰慕的一位科学大师。今天来参加这个座谈会，缅怀他光辉的科学与教育思想，感到十分荣幸。

本来，从钱老领导下的我国航天工程所取得的举世瞩目的成就中，就不难感受到他科学思想的光芒万千。为了参加这次会，我最近在《工程——跨科学视野中的工程》杂志 2010 年 4 期中查到了钱老有关“工程科学”理念的两篇文章，尽管它们都是转载自大约 60 年前钱老发表的文章，看过之后又结合自己近 50 年在军工科研部门的经历和所见所闻，对钱老“工程科学”理念的科学意义有了一点粗浅的认识。今天说出来，愿与大家切磋、深化和共勉。

1. 工程和科学的目标任务是不相同的。

工程是为了改善人们生活质量而提供的某种工业产品，但这种产品又不是自然界能够直接提供的，即解决哲学意义范畴的改造世界的

问题；科学则是为了了解客观世界（自然界）的规律，它的世俗目的则是为了提升人类改造世界的能力，即解决哲学意义范畴的认识世界的问题。于是从“科学”到“工程”便成为人类社会从事物质文明建设活动的始点和终点。进一步再问，在这个始点和终点之间是直通的吗？钱老的意思是不能直通，两者之间要有一个中间环节。在 1947 年的文章中他称之为“工程科学”，并且比较明晰地阐明了在这个中间环节中要做的事。考虑到当前科学界的另一种说法，即科学—技术—工程的三阶段论。两者比较，钱老的《工程科学》与三阶段论中的“技术”环节实有一种对应关系。我也注意到近日的《科学时报》上曾有把“工程科学”改称为“技术科学”的报道。后来又仔细查看钱老 1957 年的文章，他在没有作特别说明的情况下也把称谓改成了“技术科学”了。看来，这两种说法是指同一回事。

2. 对于在“科学”到“工程”之间为什么还需要这个中间环节——“工程科学”的问题，在科学—技术—工程三阶段论中记得这么说过：技术阶段任务是开展从科学发现到产品制造之间的可能性（可行性）问题的研究。但对它的研究内容和做法没有给出明晰的说明。

对于这个问题，我理解钱老的见解是：由于科学家关注的是得到某个问题的精确解，但是能得到精确解的问题往往是简单的问题；工程师关注的是对某个工程产品的设计与制造任务的完成，但是在产品设计制造过程中遇到的问题往往是复杂的。于是，在这中间就出现了从“科学认识”到产品设计和制造之间的一个“间隙”地带。当然，在这个“间隙”中实际是存在着两类性质的“间隙”的，其中与产品设计环节有关的“间隙”是由于理论的“无奈”造成的，与产品制造环节有关的“间隙”是由于技术本身的“无奈”造成的。钱老在“工程科学”（“技术科学”）文章讨论的重点是属于解决第一类的“间隙”问题。对此，钱老提出的具体解决方案是：通过一种把科学理论和工程设计技术相结合

的办法，去建立一个有科学基础的、适用于工程设计的理论体系，并进一步指出："这一理论既不是自然科学本身，也不是工程设计技术本身，它是这两个不同部分的人们生活经验的总和，有组织的总和，是化合物，不是混合物。"即形成一个新的科学门类——工程科学，用它连接从自然科学到工程设计技术环节之间的"间隙"。这就是我理解的钱老指明的工程科学研究内容。我理解的钱老为这个"连接"过程策划的具体做法如下所述。

(1) 根据工程(产品)目标任务中规定的性能指标要求，运用自己对相关自然科学学科的理论知识，并收集相关的实验数据和现场观察数据，用于分析并给出影响具体任务性能指标的主要因素和次要因素。这是第一步的工作，是为下一步工作做准备的。

(2) 第二步工作是真正的创造性研究阶段，是运用自然科学规律探索完成工程设计任务的阶段。这个阶段中的工作流程是：在第一步给出的主要影响因素见解的基础上，提出一个含有若干经验性规律认识和参数的(理论模型)初步工程设计模型→为了检验初步模型的合理性及其与实际情况的偏差(近似程度)，设计并进行有针对性的验证性实验→根据验证性实验结果，对初步模型中的经验成分进行修正，并提出新的优化后的工程设计模型→……即通过这种理论→实践→再理论→再实践的多次的、螺旋式上升的认识过程，直到构建出一个满意的工程设计模型为止。勾划出这么一个研究流程的客观原因是要弥合科学认识方面的不足，这是由工程问题的复杂性引起的。这个见解虽然是钱老在60年前提出的，但是今天读来，仍然深深地被他学术思想的深邃性而震撼。考虑到科学技术发展的现状，我以为当代工程问题的复杂性还出现了如下的一些新因素。

① 从科学原理到工程产品设计之间，经常还会遇到多学科的联合攻关问题。举例来说，从法拉第电磁感应原理到建造一个发电厂，绝不仅是一个单纯的电力生产学科门类的问题，在它的设计与建设过

程中还会遇到转轴摩擦与润滑、叶片冲蚀、输电损耗、电线绕阻发热等问题。若进一步拓展为水电站设计任务，还要再加上水坝设计、生态学影响，以及可能发生的地质灾害（包括诱发地震）等等问题，它们都需要一一设法解决的。这么一来，科学与工程设计技术之间的"间隙"就不单是电力门类自身的科学（电磁学）与工程（电站设计）技术之间的"间隙"了，而是又加上了多个非电力门类的科学与电站设计技术之间的多个"间隙"了。好似"间隙"是来自四面八方。

② 随着当代高新技术产业的发展，某些需要在特定环境条件或极端条件下工作的新产品研制任务日益增多，因而又会在工程产品设计流程中引进了新的复杂因素。举例来说，固体力学中把弹塑性变形分解为球量应力与偏量应力两个部分的贡献。但在经典力学框架内构建弹塑性本构模型时，是把这两部分应力分量对变形的影响作了解耦处理的，具体说是把塑性变形归结为只受偏量应力的控制，于是就提出了 Johnson - Cook 之类的本构模型，并在较低的压力区得到了成功的应用。但是科学实验的结果表明，位错萌生及其运动是主导塑性变形的物理机制，而它们又是会受到球量应力影响的。这个实验事实说明，经典力学中把球量应力部分和偏量应力部分对变形的影响采用解耦处理办法只不过是对较低压力区问题的一个可以接受的近似方法，是绝不可以把它不加限制地用到高压区去的。因而就引发了近 30 年来的对高压区本构建模问题的研究。又如，化学周期表中的元素排位是按照它价电子的情形考量的，因为是价电子决定了元素的化学性质；但在高压下，由于离子（原子）间距的缩短会导致离子（原子）电子结构的变化，其中就包括有芯电子向价电子的转移，这么一来，又会使该元素的化学性质发生了变化，也就是说这时就出现了高压区周期表中元素位置需要重排的科学问题。此类极端工况条件下出现的新物理、新化学、新力学问题，自然也会在工程产品设计中增添了新的复杂因素。但是值得注意的是，一旦对这类新物理、新化学、新力学问题的

科学认识得到了突破性进展，就又会对促进工程产品设计技术的发展打开了一条新的途径，使工程科学研究提高到一个新的水平。后一方面的意义是应该引起足够重视的。

3. 以上只是我个人对钱老工程科学的片段理解。对钱老工程科学理论的正确性和蕴含的大智大慧，还需从历史的回顾中得到理解，这样方能加深理解和发扬光大，从而更加凸显出科学大师的风采。因为历史是一面镜子，“实践是检验真理的唯一标准”。其中既要包含运用工程科学思想而得到成功的事例，但是我认为更要重视由于没有运用工程科学思想而失败的事例。只有进行正反两方面的反思，才能真正规划好我们今后怎么“走路”，才能以最佳的效费比走向科技强国之路。比如说，“画加打”、“调参数”等等这类某些科技工作者用于研究的方法行吗？全面地回顾过去，这么做绝不是为了去追究烦恼，而是为更好地规划未来。可以毫不讳言地说，上面列举的做法都是不符合钱老所说的“建立一个有科学基础的、适用于工程设计的理论体系”的见解的。

当然，要实实在在地做到“以科学为基础”也绝非易事。它需要运用决策者和广大科技人员的智慧，坐在一起认真地讨论，做好规划，落实投资与建设，以及延揽与培养人才等等实事。但这项内容已不是这次座谈会安排的任务了。有关这方面的规划设想，国外已经有了一些公开报道，建议大家查看和思考。

最后我想，对钱老缅怀的最好方式是尽力继承和发扬他的光辉学术与教育思想，我愿与大家共同努力。

（编者按：本文是作者根据 2011 年 12 月 6 日在钱学森科学和教育思想研讨会上所做的报告整理）

超前的科学思想与珍贵的历史文献

写在《钱学森文集》中文版出版之际

李家春
中国科学院力学研究所 院士

正值钱学森先生诞辰100周年之际，在李佩先生主持下，由中国科学院翻译工作者协会的一批专家翻译的《钱学森文集(Collected Works of H. S. Tsien 1938—1956)》中文版由上海交通大学出版社出版发行。全书收集了钱学森先生在美国学习和工作期间公开发表的51篇科学论文，涉及应用力学诸多领域，包括：空气动力学(26篇)、壳体稳定性(7篇)、火箭推进(6篇)、物理力学(5篇)、工程科学(2篇)、其他(5篇)。在近三年的工作过程中，译者们以信、达、雅为目标，力求科学上的准确无误，语言上的精益求精，所以，这部文集一定会对广大读者走近钱学森、了解钱学森、研究钱学森、学习钱学森有所裨益。

钱学森先生从1935年到美国，先后在麻省理工学院取得硕士学位、在加州理工学院取得博士学位。他在美国居留了整整二十年，首先研究了空气动力学的可压缩效应，提出了卡门-钱公式，发现了跨声速流出现激波的上临界马赫数，破解了壳体稳定性的科学难题，从而

为人类突破“声障”奠定了基础。他又预见到人类不久就要飞出大气层，开创了高超声空气动力学和稀薄气体动力学，为突破“热障”、飞出地球和宇宙航行做了前瞻研究。鉴于他在应用力学领域的重大贡献，1940年代末他担任了美国加州理工学院丹尼尔·弗洛伦斯·古根海姆喷气推进中心主任。1950年，在钱学森正要回国之际被美国政府非法拘留软禁。在此期间，他开拓了物理力学新的学科分支，完成了《工程控制论》专著。1955年10月8日，他终于冲破重重阻力，经香港、罗湖回到了祖国怀抱。

《钱学森文集》记载了人类从低速飞行经现代飞机到飞出大气层进入空间时代这一历史时期的科学进程，真实反映了应用力学学派和中国学者为此做出的重大贡献，因此，为了保存这一部极其珍贵的科学文献，《钱学森文集》的出版和发行具有重要的历史意义。同时，我们可以从中看到钱学森先生在应用力学领域的渊博知识和精深研究，看到他对于重大工程的深入了解和丰富经验。特别是他心系祖国、热爱人民的爱国情结，敢于开拓、勇于创新的雄才大略，淡泊名利、无私奉献的高尚品德，所以，回国后钱学森先生能不负众望担负起国家的重任，成为我国航天事业的先驱和开拓者。

由于，《钱学森文集》的论文发表在50年以前，所以，我想就《钱学森文集》中文版出版发行的现实意义谈一点体会。

第一个现实意义就是有助于我们学习钱学森前瞻性的科学思想。除了今天我们在进行航空、航天、风能、地面交通等领域的空气动力学研究时，可压缩效应、气动加热、激波边界层相互作用、分离和旋涡、流动稳定性和湍流等依然是不可或缺的理论和概念外，我们的研究工作仍可从他的前瞻的学术思想中得到启示。比如：他在20世纪40年代开创的高超声空气动力学和稀薄气体动力学，都是预见十年、二十年以后的事情：1957年，苏联发射第一颗人造卫星，1969年美国才实现了阿波罗计划。尽管今天人类的航天事业成绩辉煌，“挑战者号”和

“哥伦比亚号”失事表明:天地间运输系统的问题迄今还没有完全解决。今天当我国航天事业跨入空间应用和深空探测的新阶段时,天地间运输系统对我们仍然是严峻的挑战。钱学森先生早就在50年前就探索了如何优化火箭推进,应用核能于火箭推进的可能性,是否可以使用冲压发动机,如何准确控制着陆点,如何在轨道上起飞等问题。钱学森先生建立了物理力学这门新兴学科,为我们今天解决复杂介质特性提供了理论和方法。当然,他还关心今天看来极其重要的能源问题,早在世界上第一座核电站建成以前,论证了利用核能,包括热核反应堆的可行性。然而,要达到安全、可靠地运行核电站,乃至真正实现受控热核反应的工程应用目标,这仍是对后继者的重大考验。

第二个现实意义,就是关注他对科学(分类)学的贡献。实际上,钱学森继承和发扬了应用力学学派的科学思想,提出了“工程科学”的概念。工程科学源于应用力学,又高于应用力学,因为工程科学的范围比应用力学的范围要宽泛得多,含义要深刻得多。他从美国的重大工程计划体会到,当今科学研究已经成为一个国家的事情了,国家要富强就要发展工业,要发展工业就要依靠科学技术的进步,那么科学与工程的结合是十分重要的。由于建立了介于基础科学和工程技术之间的这门学科,将有助于这类学科知识的系统化,有助于这一领域的人才培养。实践证明,这样做可以加速实现重大工程,缩短从基础研究转化成市场产品的过程,从而加速经济社会发展的进程。由此,你也就不难理解钱学森在晚年为什么又积极提倡系统科学,提倡人体科学。前者是实现科学管理的基础,后者将探索人类自身未知的奥秘。由于钱学森一生永无止境地探索未知、追求真理,所以他的思想总是超前的。

第三个现实意义与我国的科技和教育体制改革紧密相关。回顾我国科技体制的变迁,20世纪50年代是自力更生的计划经济阶段,可以集中全国的人力、物力,完成若干重大工程,如:“两弹一星”;20世

纪80年代，进入改革开放的市场经济阶段，科学研究以实验室、课题组或个体形式进行，促进了基础研究全面发展。今天，我们到了要自主创新、建设科技强国的阶段，科研经费有了大幅度的增长，如何合理配置科技资源、加强科学家合作交流、高效组织科学研究、促进有自主知识产权的成果产出成了关键问题。所以，必须要与时俱进地进行科技体制改革，合理评价科研成果。既要有利于发挥个人智慧，促进前沿基础研究，又要避免过度竞争，有助于事关国家经济、社会发展的项目取得重大突破。钱学森领导重大工程项目的思想、方法和模式值得我们在深化科学体制改革中借鉴。

关于人才培养问题，钱学森在“工程和工程科学”和“古根海姆喷气推进中心的教学和研究”两篇文章中阐明了对工程科学人才的要求和培养方式。再对比我们的当前教育还是没有摆脱应试教育的状况，这将会影响到一代人、两代人乃至几代人的成长。所以，我们都要以“只争朝夕”的精神来改革教育体制，用钱学森主张的思想：注意通才教育，提倡自由讨论，鼓励创新思维，以实际行动回答“钱学森之问”。

弥足珍贵的鸿篇巨制

评《钱学森文集》

戴世强
上海大学 教授

《钱学森文集（1938—1956 海外学术文献）》终于问世了，作为文集的译校者之一，不禁思绪万千。这里想谈谈出版这一鸿篇巨制的社会意义。

《钱学森文集》编录了钱学森在美国学习和工作期间（1938—1956）公开发表的论文。那时正值航空从低速走向高速和航天技术从无到有的阶段，钱学森解决了其中一系列关键问题，包括空气动力学、壳体稳定性、火箭弹道和发动机分析等。从 1946 年开始，他以战略高度发表了不少开创性的著作，包括喷气推进、工程控制论、物理力学和工程科学等，深刻反映出 20 世纪自然科学被转化为可解决复杂条件下工程问题的科学理论，从而使人类视线从航空航天梦，进入数字信息的新时代。从这本文集可以看到钱学森对此的贡献。

下面，从《钱学森文集》的思想价值、精神价值和学术价值这三个方面对《钱学森文集》（下文中有时简称为《文集》）的主要特征作一剖析。

贯穿《文集》的红线
——工程科学思想

出版《钱学森文集》的最重要的社会价值在于弘扬钱学森先生所倡导的工程科学思想。

钱学森在加州理工学院学习期间，接受航空航天大师冯·卡门的指导，逐渐深谙哥廷根应用力学学派的真谛，并通过长期科研实践，建立了他的主导性的学术理念——工程科学思想（工程科学亦称为技术科学，源于 engineering science 的两种不同的中译文）。

1947 年钱学森回国探亲，应邀到母校交通大学以及浙江大学、清华大学做学术报告，对工程科学做了系统论述，事后将报告稿"工程与工程科学"发表于"Journal of Chinese Institute of Engineers"（见《文集》第 387－395 页）。文中，在分析当时工业与科技态势的基础上指出，科学包含两个部分，即自然科学和工程科学，前者是后者的基础，后者是科学与工程之间的桥梁，其目标是将自然科学的规律转变成工程师可以用来解决复杂条件下工程问题的科学理论。他说："工程科学最重要的本质——将基础科学中的真理转化为人类福利的实际方法和技能，实际上超越了现在工业的范畴。"也就是说，工程科学研究源于实践，高于实践。他以一系列实际例子（如长程火箭、核裂变、塔科玛大桥事故等）阐明了他的观点，论述了工程科学中的基础研究以及工程科学家的培训。回国之后，1956 年他在《科学通报》上发表文章，进一步发挥、阐述了他的上述观点。

综观《文集》中的所有论文，钱学森先生实际上不断践行了他的工程科学思想。从早期的可压缩流动研究、火箭飞行分析，到后来的喷气推进、稀薄气体动力学研究和工程控制论研究，无不缜密地分析实

际工业中的需要，根据自然科学的第一原理进行细致分析，并将所获成果回到实践中检验，并尽力以工程师能接受的语言表述出来。因此，实至名归，他是一位出类拔萃的工程科学家。

值得指出的是，钱学森先生在参与领导我国的国防科研事业中，充分运用了他的工程科学思想和后来发展的系统科学思想，成了我国“两弹一星”取得辉煌成就的指导思想。

钱学森先生关于工程科学的深邃见解至今仍有振聋发聩的作用。笔者认为，迄今为止，在科技领域，仍有许多人没有摆正科学与工程、科学与技术的关系，在进行科技规划和组织实施工程项目时，仍有重工程、重技术而轻科学的思想，例如，在交通工程领域，“大经验、小科学”的思路还有很大的市场；所培养的不少工程师自然科学基础薄弱，往往只会依样画瓢，自主研发能力很差，有很多高新技术还受制于人。因此，我认为，在科技界学习和普及钱学森的工程科学思想是当务之急！

对于从事工程研究的后生学人，应该认真领会《文集》中的主导理念，用钱学森的工程科学思想武装自己，自觉地用以指导自己的科研实践，这样做将收到事半功倍之效。

引领《文集》的主线
——勇于开拓的科学精神

从《文集》中 51 篇论文的字里行间，我们能看到钱学森先生的勇于开拓、积极进取的科学精神。因此，《钱学森文集》的另一个重要意义在于发扬钱学森先生的这种科学精神。

他敢于开风气之先，敢于“吃螃蟹”。当时，他正处于空气动力学和火箭动力学的幼年时代，他的博士学位论文就以《可压缩流体的流

动以及反作用力推进》为题，探索了四个当时的前沿性课题（见《文集》第 14—68 页）。给出了可压缩边界层流动和有攻角旋转体绕流的精致的解，找到了连续脉冲推进火箭垂直飞行高度的精确解，这些结果都是首创的。最值得一提的是，他纯熟地应用恰普雷金变换，采用独辟蹊径的速度图法，巧妙地把亚声速可压缩流动归结、类比为较为成熟的不可压缩流动问题，给出了后来被命名为卡门-钱公式的可压缩流动修正公式。他的博士论文中的成果载入了标准的空气动力学教科书！而且这种类比方法为高速空气动力学研究开辟了一条新路。

还可以列举很多这样的例子。

他与郭永怀先生一起提出了跨声速流动的上临界马赫数的概念（见《文集》第 237—309 页），为人类突破声障做了贡献。

他是稀薄空气动力学领域的重要开拓者。1946 年发表的关于 Superaerodynamics 的两篇论文（见《文集》第 310—336 页）是该领域的经典文献，澄清了关于稀薄空气动力学的定义，明确了边界条件提法，分析不同马赫数下的自由分子流，研究了稀薄气体中平面声波的传播等等，这些成果是前所未有的，为后续研究奠定了基础，为此后人类的高空探索提供了科学依据。

他在火箭与喷气推进方面的系列论文（见《文集》第 445—454 页，第 453—511 页，第 526—556 页，第 592—598 页），是该领域的先驱性工作。

他开辟了物理力学——工程科学的一个新领域（见《文集》第 557—562 页），是最早主张宏微观结合研究流体力学的先驱者。

他开创了工程控制论研究，《文集》中有这一领域最早的两篇论文（见《文集》第 592－610 页），是后来他的名著《工程控制论》的先声。

从上述不全面的简要回顾中，我们已经可以看到在科技疆场上纵横驰骋的这位帅才的形象。

钱学森先生说过："科学是老老实实的学问，要发扬严肃认真、丝毫不苟的优良学风和勇于创造的精神。"（见《文集》封面）。他不仅这样说了，而且一以贯之地身体力行了。整本《文集》就是明证，我们这群译校者就有这样的体会。

《文集》的51篇论文每篇都构思缜密，内容翔实，叙述严谨。我在学习、翻译他的《Poincare - Lighthill - Kuo 方法》（见《文集》第611—655页）的过程中，曾验证过文中的全部公式，发现除了个别印刷错误以外，总共420个公式中无一差错。（此文发表时钱学森先生已回国，印成后可能未经本人校阅）。由此可见他做科研工作之严谨。

2000年山西教育出版社推出了一本《钱学森手稿》（简称《手稿》），如果把《文集》与《手稿》进行比照，我们对此可以有更深切的体会。这里我忍不住重述已讲过的故事。要提及的是《文集》中的第九篇论文"圆柱壳在轴压下的屈曲"（见《文集》第123—135页），《手稿》里选印了29页该文的手稿。对于此项工作，钱学森先生曾反复推敲，五易其稿，演算草稿有800多页，为了确定圆柱壳屈曲后发生菱形皱折的形态，他做了反复试算，直到在第733—736页的草稿上才得到比较满意的结果。钱先生有一个习惯，做完一项工作后都要认真归档，把所有文稿、草稿装入牛皮纸大信封。幸亏他有这一习惯，更幸亏他的好友Marble（大理石先生）40余年中为他苦苦保存他留在美国的文件（共计两万多页），我们今天还能看到这些手稿的真容。钱学森先生在装了上述文稿的大信封上写了两行字："Final"（红铅笔）、"Nothing is final!!!"（黑铅笔）（扫描件见《手稿》第207页）。前者的意思是"终稿"，而后者则有"学问无尽期"之意。此中大有深意。

值得一提的是钱先生的文风。他的表述能力极强，不但演讲本事好，而且文字功夫十分到家。读他的著作实在是一种享受。这缘于他写得清晰、明白。

《文集》是一本不可多得的教科书

从学术角度看来，《文集》中的许多论文至今仍有参考价值。谈庆明学长提到的七个方面的内容都值得我们阅读和思考。我们经常倡议年轻学者看文献要看最原始的文献，从这本《文集》可以找到许多分支学科和原始创新的源头。

比方说，我给博士生讲空气动力学的时候，我很想介绍速度图法，找了很多资料，包括中国的、外国的，讲得最好的还是钱学森先生的博士论文中关于恰普雷金变换的章节。再比方说，大家知道钱学森先生的早期主要的一个学术贡献是卡门-钱公式，哪一本书写得最好？就是这本《文集》。此外，从《文集》中还可找到关于物理力学、稀薄空气动力学、火箭发动机热力学的一些最原始的文献，都在这儿。

当然这本《文集》印制精美、素雅大方，有极好的收藏价值，家里若收藏这本书，是可向访客炫耀的"资本"。

笔者认为《钱学森文集》是一本极好的教科书，有其永恒的学术价值和收藏价值，值得后来学人好好阅读、学习。从中可以学到：

——如何以正确的学术思想指导自己的科学研究？

——如何正确理解和把握科学与技术、科学与过程的关系？

——如何勇于开拓、积极进取？

——如何一丝不苟、求真务实？

——如何整理思绪、准确表述？

翻开这本文集读一读，一定开卷有益！

我想对青年朋友说：学习优秀科学家不是一句空话，重要的是踏踏实实的行动，而至关重要的第一步是：走近他们，了解他们！摆在大家面前的就是这样一本不可多得的教材！

应用数学的瑰丽华章

钱学森的《Poincaré-Lighthill-Kuo方法》浅析

戴世强
上海大学上海市应用数学和力学研究所 教授

1956年钱学森先生在著名力学刊物《应用力学进展》(Advances in Applied Mechanics)上发表评论文章"庞加莱-莱特希尔-郭永怀方法(Poincaré - Lighthill - Kuo method)",这是他一生的著述中唯一的一篇专门阐述应用数学方法的论文。我认为,此文集中地表现了他的深厚的数学根底,充分地体现了他的技术科学思想,至今读来仍回味无穷。这里对这篇传世之作进行简单剖析,让我们一起来领略钱学森先生作为应用数学和力学家的风采。

写作背景

1950年,钱学森先生遭到美国麦卡锡主义迫害,一度入狱,保释之后的五年间,一直处于"监视居住"的状态,失去了行动自由。幸亏有夫人蒋英照料,在家里安排了差强人意的科研环境。在此期间,钱学森被迫与军事科研"绝缘",先后进行了工程控制论、星际航行、物理

力学和应用数学等基础研究。

《庞加莱-莱特希尔-郭永怀方法》,以下简称《PLK方法》就是那一时期的产物。钱学森先生在《写在<郭永怀文集>的后面》中说:"1953年冬,他(郭永怀)和李佩同志到加州理工学院。他讲学;我也有机会向他学习奇异摄动法。"尽管钱先生当时的心情很坏,还是在短时间里掌握了PLK方法的精髓,并写出了他在美国发表的51篇科学论文中这篇唯一的应用数学方法方面的论文。

主要内容

懂得渐近分析的人都知道,PLK方法,亦称为变形坐标法,是一种简捷、有效的奇异摄动法。发端于1886年庞加莱的《天体力学新方法》,经莱特希尔(1949)和郭永怀(1953)的二度创造,形成了目前的形式,在力学、物理学和其他领域中得到了非常广泛的应用。

钱学森先生首次对这一方法进行了全面综述(参看文献[1]),全文目录如下:

I. 引言

1. 发展历史
2. 简单例子
3. PLK方法的基本特性

II. 常微分方程

1. 一阶方程
2. $q_0 > 0$ 的情形
3. $q_0 = 0$ 的情形
4. $q_0 < 0$ 的情形
5. 要求采用边界层方法的方程
6. 二阶方程

7. 非正则奇点

8. 组合方法;黏性气体的汇流

III. 双曲型偏微分方程

1. 推广到双曲型方程

2. 远离点源的行进波

3. 行进波解

4. 满足初始条件的一致有效解

5. 利用精确特征线的摄动

IV. 椭圆型偏微分方程

1. PLK 方法应用于薄翼问题时的失效

2. 出现困难的可能原因

V. 在流体边界层问题中的应用

1. 平板边界层

2. 二阶解

3. 坐标变形带来的零阶解的改进

4. 超音速流中的边界层

VI. 结束语

参考文献

论文剖析

下面就这一论文的构思铺陈作概略描述。

钱学森先生在引言中概述了 PLK 方法的发展简史:庞加莱的创见;莱特希尔的发展;郭永怀的贡献;方法命名的由来。接着,举了一个非常简单的一阶常微分方程的例子(我在讲授渐近分析课程时称之为“钱学森例子”),说明用 PLK 方法居然得到了问题的精确解,这就一下子吊起了读者的胃口;随后,趁热打铁,阐述了此法的特点:简捷、

有效、灵活、“傻瓜”，当然，文中没有用“傻瓜”一词，却的确说了此方法很容易为工程师们接受和运用。这是钱学森所有著述的一个“共性”：他始终惦记着工程师们，想方设法把深奥的理论和原理讲得工程师们也能弄明白。

在第二节中，钱学森熟练地运用归纳推理的过程，从分析有代表性的实例入手，引用了与他同时代的数学家沃森（Wasow）提出的模型方程进行解剖，讲明：求解此方程时应用经典摄动法时遇到的奇性困难；采用 PLK 方法如何使问题迎刃而解；对三类情况进行了细致的余项估计（误差估计）；然后，用 PLK 方法求解了一个较为简单的空气动力学问题（即莱特希尔例子）。随后，作者话锋一转，谈到 PLK 方法遇到的“边界层困难”，即方法的局部失效，并讲了一个黏性气体汇流的实例（即吴耀祖例子），说明 PLK 方法应与边界层方法结合的妙处，为后来讲述郭永怀的贡献做了铺垫。

论文的第三、四节是全文的核心。钱学森仍用一个简单的例子说明用摄动法求解双曲型方程的“远场困难”，并指出，这是由于问题线性化之后的特征线变形造成的，因此，必须用 PLK 方法进行特征线变形，恢复事物的本来面目；在分析过程中，与前一节的常微分方程情形进行了类比；通过细致的讨论，使人们对此法的认识渐入佳境，并顺水推舟地求解一个球面爆炸波的问题，让大家感受此法的魅力；进入第四节，作者又“泼了一盆冷水”，指明 PLK 方法求解薄翼问题失效，对椭圆型方程似乎难以发挥其功效，再次为郭永怀的创造做了铺垫。

论文第五节专门叙述郭永怀的工作。还是从最简单的不可压缩流体的平板边界层流动谈起，简介了边界层理论，然后指出了用 PLK 方法求高阶解时遇到的奇性困难；然后叙述郭永怀如何把莱特希尔的方法与边界层方法结合起来，求得了较为理想的解。钱学森特别指出，两者的有机结合是一种“乘法”，而非“加法”，所作的阐释令人信服；最后，简要地说明了郭永怀已将 PLK 方法用于更为复杂的可压缩

流动中激波与边界层的干扰问题。

在第六节的结束语中，钱学森指明了两点：一是 PLK 方法是一种非常简捷有效的渐近方法；二是，关于 PLK 方法的有效性分析还有很多工作要做，它在数学上有一些不确定性，但是，这并不妨碍它的实际使用，只要用心检验结果就行了。全文结束时，作者引用著名的应用数学家、运算微积的发明者希维赛德(Heaviside)的话："我难道要因为不完全了解消化过程而拒绝进餐吗？"这是画龙点睛之笔，为这篇长文增添了最后一道亮色。这实际上也代表了钱学森先生对发展应用数学方法的态度。

论文亮色

总体来说，这篇论文充分体现了钱学森先生的科技论文写作风格。这就是：

(1) 重视应用背景，善于从实际应用中提炼问题，分析问题，解决问题，阐明问题。在阐述数学方法时，非常注意其可用性，经常站在工程师的立场，考虑能否被他们接受并运用；

(2) 采用归纳手法，由浅入深，由简入繁，引人入胜地描绘了这一应用数学方法，使得有一般数学基础的理工科学人就能读懂；

(3) 结构严谨，层次清晰，文字优美，行文流畅，使得读者在不知不觉中领略了 PLK 方法的特色与精髓。

这篇论文问世之后，PLK 方法开始在世界范围内普及，坐标变形理念为人们广泛接受，并载入很多有关渐近分析的教科书和专著中。笔者三十多年来，曾反复捧读这一论文和庞加莱、莱特希尔和郭永怀的原著，从中得益匪浅，并在自己的几十篇论文中做了应用和发挥。

我认为，这篇论文是应用数学领域中的瑰丽华章，从中可以看到钱学森先生这位大师非同凡响的智慧。在科技领域，他是一位文武双

全的勇士，我们应该用心地向他学习。

参考文献

[1] 钱学森，钱学森文集，上海交通大学出版社，2011。

钱学森与系统科学

为纪念钱学森诞辰100周年而作

姜 璐
北京师范大学管理学院 教授

今年是中国导弹之父、战略科学家钱学森教授诞辰100周年，钱学森教授晚年主要致力于对系统科学的研究，我们学习钱学森的学术思想，更多地应该了解他在系统科学方面的论述。这中间学习体会钱老是如何建立系统科学体系，如何不断深入研究系统科学的过程，对我们学习钱老思想，掌握系统科学理论的精髓是非常有意义的。

钱学森按照学科三个层次发展的客观规律，逐渐深入对系统科学的研究

钱学森教授多次提出科学技术体系的构想，他将所有知识分成11个学科门类，即数学科学、自然科学、系统科学、人体科学、思维科学、行为科学、社会科学、军事科学、地理科学、建筑科学、文学艺术。传统学科分类中的自然科学、社会科学，在这里仅是11个学科门类中的两个。钱老认为科学知识应该是一个平面的二维结构，不仅从横向看可

以分成 11 个学科门类，从纵向看也是形成一定的结构。而在 11 个具体学科知识门类当中的学科知识也要分成 3 个层次，即基础理论、技术科学、实际应用。例如在自然科学物理学中，电动力学等四大力学（理论力学、统计力学、电动力学、量子力学）属于基础理论，研究电磁场在导体中运动规律的电工学，或者讨论高频电磁波的无线电电子学等属于技术科学。它们是以电动力学中讨论的电磁场运动规律为基础，是电磁场理论在导体内具体条件下的具体知识。讨论输变电、电动机的结构原理等方面的知识则是第三个层次——实际应用的层次。钱老所建立的科学技术知识体系不仅对原有的学科知识进行了梳理，明确了它们之间的关系，便于我们学习掌握，也为具体的学科知识探索研究，指出了目标，告诉我们某个学科中的哪部分知识还不完善，还需要进一步研究。

钱老不仅静态地将科学技术知识分成三个层次，即基础理论、技术科学、实际应用。而且从动态来讲，他还认为科学的发展一般是从实际应用开始，这个层次的知识发展最迅速，进而逐渐带动另外两个层次上知识的发展。而只有当基础理论层次的知识建立起来，才标志着该学科完全建立起来。钱老也正是按照这样一个思路来促进系统科学的发展的。我们通过分析钱老对系统科学的研究实践，可以充分看到这一点。

1. 首先从实际应用层次入手

1978 年下半年他和许国志、王寿云三人在文汇报发表《组织管理的技术——系统工程》一文，文章从系统工程所涉及的技术、工作程序、应用范围等各个方面进行了详细、科学的分析，大大地推动了系统工程发展。当时改革开放的浪潮席卷全国，钱老的这篇文章以及 1979 年与乌家培合写的文章《组织管理社会主义建设的技术——社会工程》，对将系统工程技术运用到实际中去起到了很大的作用，最明显的

例子是各地兴起的关于区域发展规划的制定及实施，大量使用系统工程的技术。同时，也促进了系统工程技术研究的深入，不少从事控制理论研究的专家，转到面向实际问题的研究，一大批中青年学者进入系统科学领域，他们也从实际问题的研究开始，运筹学研究工作者在改革开放的经济问题上有了用武之地。

2. 建立系统科学在技术科学层次上的学科

当时钱老大力提倡的系统工程在系统科学体系中属于实际应用的层次，还需要在技术科学层次和基础理论层次建立系统科学相应的知识，只有这样才能促进系统科学的发展，促进系统科学体系的建立。在各地系统工程实际问题研究开展起来以后，钱老及时提出要加强对理论问题的研究。在一定条件下，研究系统外界控制、约束、管理与系统演化的关系的学科——控制论、运筹学，自然构成了技术科学层次的知识，钱老将原来已经建立起来的控制论从侧重分析机器控制，面对工业系统，提升到系统科学的技术科学层次，使之成为面对更多系统的普遍的技术科学层次的知识。同时，运筹学过去偏重于数学技巧，偏重于理论证明的纯学术局面也大为改观，使之成为解决系统工程问题的有力工具，其使用的范围也更偏向社会系统。对于复杂系统，能量、物质的输运居于次要地位，信息传递在系统演化中凸显重要，单独研究信息对系统演化的作用，以及把对信息的探讨也放在技术科学的层次。随着进一步对信息研究的深入，不少学者认为信息论应处于基础理论的层次，我们认为信息论包括内容很多，一些讨论信息本质的内容，虽属于基础理论，但目前还不太成熟，这里在系统科学中技术科学层次所指信息论的内容应该是对信息与系统演化关系的讨论。

3. 同时提出对系统科学基础理论研究的必要性

与一般学科一样，基础理论是一个学科中最重要、最基础的学科

内容，只有建立了基础理论才能说该学科已经建立起来。钱老特别重视系统科学基础理论的建设，他将基础理论学科的名字定为系统学，亲自主持为建立系统学而开展的讨论班活动，并在讨论班的第一次活动就给出系统学的英文名词 Systematology。为了建立系统学，十多年来，钱老一致坚持在系统学研究的第一线，对系统学的建立做了大量开创性的工作。

4. 对系统进行新的划分，提出了系统学建设的方向

钱老在系统科学里，对其研究的对象——系统，按照相互作用及其结构分成了简单系统、简单巨系统和开放的复杂巨系统三类。对于简单系统，其子系统之间相互作用简单，子系统与系统之间满足叠加原理，可以采用牛顿力学体系的方法进行研究，这实际上就将过去所有按照还原论方式进行研究的对象都划归到简单系统的范围，其相应的理论，如机械力学、电动力学等理论都是研究简单系统的理论。传统的控制论以及采用分解方式进行的系统工程方法也都应是对简单系统的技术科学知识和实际应用的知识。

在 20 世纪中叶兴起的协同学等研究多子系统整体演化的理论，在钱老建立的系统科学中是适用于简单巨系统的演化理论。它所研究的对象虽然数量很多，但是它们之间的相互作用仍然很简单，而且相互作用不随时间改变，我们仍能建立系统的演化方程，通过定性理论求解方程，给出系统演化的规律。当前对于非线性问题的研究，如混沌、分形的相关理论，应属于对简单巨系统研究的理论。另外很多针对系统演化状态的物理量的时间序列，采取一些数据挖掘方法，从中设法找出它们的演化方程，即所谓时间序列分析，也是研究简单巨系统演化的理论。

另一类更复杂的系统，无法通过对演化机制的分析建立系统的演化方程，也无法利用状态变量的时间序列通过规范的数据挖掘方法，

建立系统演化的方程。以前对于这类问题的研究多停留在思辨的定性分析，或是通过典型事例来说明。即使要进行定量分析，也仅仅给出对静止状态的描述，或是根据统计数据对统计曲线作外推，进行“预测”。这类系统包括的范围很广，人体系统、大脑系统、生物系统、生态系统、社会系统等都属于这类系统。钱老认为这类系统的共同特点在于：系统具有开放性，系统与环境的联系非常紧密，外界环境在物质、能量，特别是在信息上与系统有作用；系统具有层次性，组成系统的子系统具有结构，微观子系统之间的相互作用不是平权的，一些子系统相互作用紧密，另一些则相互作用松散，形成一个一个集团，不同集团之间相互作用再形成较大的集团，经过多层次组合最后才组成系统整体；系统具有涌现性，子系统之间存在着非线性的相互作用，系统的任何一个层次的整体性质不可能由下一个层次的性质线性叠加得出来，所以传统科学的还原论方法失效。钱老在总结多个实际案例分析的基础上，将这类系统定义为开放的复杂巨系统，并给出解决这类系统演化的研究方法——从定性到定量的综合集成法。

5. 亲自主攻开放的复杂巨系统

对于系统中比较简单的两类——简单系统、简单巨系统，实际上已经有了解决问题的方法与相应的理论，因此系统学所要解决的主要是如何处理开放的复杂巨系统，创建系统学也主要是建立对于开放的复杂巨系统的系统学。这是创建系统学的难点。另外，在我党拨乱反正，把党的中心工作重新确定在经济工作上以后，如何在市场经济条件下，发挥我国社会主义制度的优越性，尽快把国家经济建设搞上去，是当时面临的大事。钱老从国家经济建设的实际出发，在创建开放的复杂巨系统演化理论的同时，把更多的精力放在研究整个国家经济建设的实践上。钱老将国家作为一个系统，研究它的发展演化规律，提出设立总体设计部的构想，将决策部门与咨询部门分开，总体设计部

作为国家的咨询部门，采用综合集成研讨厅的形式进行工作。研讨厅包括专家系统、数据资料系统、运算系统三部分，采取人机结合、以人为主的工作方式，针对国家需要解决的问题进行工作。钱老不仅为建立国家总体设计部进行了大量的宣传和具体的准备工作，而且在他所熟悉的领域和部门——军队系统，进行了实际的运作。

系统学——系统科学的基础理论

钱老建立系统科学，特别是对其基础理论——系统学的建立做了大量的工作。我们总结钱老在系统学方面的理论建树对于我们体会钱老的思想，对于系统学的发展有重要的意义。

1. 系统分类的理论价值在于涵盖以前的科学研究成果，体现钱老学科分类思想

钱老认为不同学科研究的对象是统一的，都是客观实际，不同学科之间的区别是它们研究的角度与方法。在研究初期，在建立学科时，可以针对某一类对象进行讨论，但是学科建立以后，研究对象的扩大则是必然的。钱老创立的系统科学是从整体与局部的关系出发，研究整体的宏观状态如何由微观的组分和相互作用来决定，研究不同的微观结构能产生什么样的宏观性质。系统科学研究的对象被称为系统，系统包含的内容非常多，从排列整齐的晶体到杂乱无章的气体，从结构复杂的机械到具有自我复制能力的生物体，甚至人体、社会都可以作为系统进行研究。既要对差别如此之大的各种事物进行研究，又要将过去对其中部分系统研究已经得到的成熟理论包括在其内，是一件非常困难的事情。钱老提出按照子系统数量的多少，按照它们之间的相互作用性质来划分系统的原则，这样就把系统分成如前文所述的简单系统、简单巨系统、复杂巨系统等几类。抓住简单系统的线性特

点，把传统学科的所有理论都包括在其内。

2. 要对不同类系统建立不同的系统学

钱老不仅将系统科学研究的对象，分成不同类的系统，而且提出对每一类系统都应该建立相应的系统学，即要有简单系统的系统学、简单巨系统的系统学、复杂巨系统系统学，要建立一个系统学体系。钱老归纳了各类不同系统的不同性质与特点，进而根据所归纳系统的特点，建立这类系统的演化理论。从知识的结构来看，其理论是严格按照所给出的系统特点而建立的，因此按照其理论分析所得出的结论也应该是正确的，是符合该类系统的。当然实际系统是千差万别的，任何一个系统不可能完全符合理论体系所给出的某一类给定系统的限定。我们给出的几类系统实际上应该看成是模型，而理论是针对模型建立的，正如同牛顿力学有针对质点建立的质点动力学、有针对刚体建立的刚体动力学一样。用质点动力学研究某一个物体的力学性质，得到的结论是否符合实际，完全在于该物体在我们研究的问题里能否看成一个质点。我们用系统科学来分析某一个具体系统的性质，所得到的结论是否与实际相符，也完全在于该系统是否能用我们建立的模型来描述。在讨论实际问题时，我们可以将某一实际对象简化成某一类系统，运用相应理论得到某些结果，解释该对象的某些性质。也可以将其简化成另一类系统，运用该系统的演化理论又得出一些结论，解释该对象另一方面的性质。这就像对于飞机，物理学若将其简化成质点，讨论其航程、航速等性质；若将其简化成刚体，讨论其形状在空中的升力问题；又可以将其简化成弹性体，讨论其振动及被破坏等问题。从这个意义上来说，我认为钱老所建立的系统学可以说也是同物理学一样的被称为模型科学。

3. 几类系统的系统学特点

对于模型科学，不仅要关心它的模型条件，同样要关心其理论特点。面对简单系统是线性理论，根据系统演化的特点，可以列出方程描写其演化规律，不论是对于熟悉的自然系统，从我们以往发现的规律列出演化方程，还是对于暂时不了解的系统，考虑线性化以后列出演化方程，对于系统的演化方程进行求解，得到系统的演化轨迹。对于简单巨系统，在宏观层次列出的演化方程，一定是非线性的，只能用定性理论进行讨论，得到系统稳定状态的性质，以及系统演化的稳定性与控制参数的关系；若探讨其宏观与微观之间关系，则需要用随机微分方程来讨论。但对于这两类系统来讲，它们的演化机制不随时间改变，而且其演化机制可以用函数描述。对于复杂巨系统，一般我们无法找到其演化机制的函数形式，也无法列出一个微分方程来反映它的演化。我们更容易分析的是复杂巨系统的行为，通常是用计算机程序反映系统的演化行为。复杂巨系统内的子系统之间相互作用的数学关系（定量的、由函数表示的相互关系）不存在，它们之间可以找到逻辑关系，这种逻辑关系经常不是机制上的而是行为上的。正是由于有了计算机作为工具，使我们可以利用逻辑关系很容易分析系统的演化，至于系统的一些学习功能，也能通过计算机实现。

开放复杂巨系统演化理论——系统学核心内容

钱老提出来的开放的复杂巨系统概念及其建立的演化理论，是全新的一套理论体系，根据个人学习的理解，我认为应该明确以下几个问题。

1. 系统包含的范围广

钱老在谈到开放的复杂巨系统的内容时，多次列举其理论适用的

范围，人体、人脑、环境、社会可以运用开放的复杂巨系统理论来处理。而对于另一些问题如天体、低温核聚变、历史等，钱老也认为是开放的复杂巨系统，其原因在于，对这些问题无法使用传统的方法，即建立系统演化方程、求解系统演化性质，而需要按照开放的复杂巨系统的研究方法来分析它们的性质。而对于哈肯所建立的协同学，钱老将其划归为简单巨系统演化理论，认为用它讨论复杂的社会问题是不适当的。

我们认为钱老所建立的系统科学既然是一门模型科学，就不会有任何实际系统完全满足某一类模型的条件。对于一个实际系统，我们将其简化，使之基本符合某一模型，就利用该模型理论进行分析，得到相应结果，就能解释在该具体系统简化到这种程度上所具有的性质，而对于该系统不满足简化条件的性质则不能解释。应该说协同学对社会系统的讨论，是将社会简化成简单巨系统，讨论在这样的简化条件下的特点，这虽然不能说明很多社会现象，但协同学给出的结论，也从定量的方面对社会进行了部分解释。

而对于像低温核聚变这样按照当前所了解的自然规律无法进行讨论的问题，钱老将其看成是开放的复杂巨系统，从分析系统的行为入手，用计算机描写其演化的逻辑关系，采取人机结合、以人为主的综合集成法，将会对这些问题有新的认识。

在研究开始阶段，钱老列举开放的复杂巨系统包含的众多实际系统是恰当的，它可以帮助我们建立开放的复杂巨系统的演化理论。实际上，只存在对某一个具体系统，讨论某些具体问题更适宜选用哪个模型，而不存在某个模型包括哪些实际系统的问题。

2. 处理系统演化的方法新颖

正如钱老自己讲述的一样，对于开放的复杂巨系统，现在还没有一套完整的、规范的数学方法，来统一处理系统的演化问题。关于处

理问题的具体方法，在不同的时候，处理不同的问题，钱老强调过不同的侧面。学习、理解钱老关于开放的复杂巨系统演化理论的论述，对掌握复杂巨系统的系统学是非常必要的。钱老在论述不能通过微分方程来描述系统演化规律，不能通过求解方程，哪怕是定性的分析来解释系统演化的性质，而要通过计算机这一新的工具进行分析时，又针对社会上部分科学工作者过分迷信计算机的功能，甚至企图造出代替人思维的计算机，以解决复杂巨系统的演化问题，钱老强调这里的方法是：**人机结合，以人为主**。让机器做其擅长的统计、储存、计算等繁琐而相对简单的工作；而人利用自己的形象思维、集体思维，控制、操纵计算机的运行，来解决问题。在强调现在不能像过去分析系统演化的机制，找出规律，建立模型时，钱老提出对于这类系统要按照系统的演化行为建立模型，提出解决问题的方法要适应系统演化新的特点，即不仅系统状态会随时间变化，其演化机制、系统结构也会随时间变化，因此建立的模型也应随时间不断变化。在谈到现在的方法与传统的自然科学、社会科学解决问题方法的联系与区别，自然科学过分强调定量方法，只相信定量方法得出的结果，而社会科学又只能对问题进行思辨性的分析时，钱老强调这里的方法是**从定性到定量的综合集成方法**。我认为：实际上钱老对开放的复杂巨系统演化所提出来的这三种提法，即强调“人机结合，以人为主”、“按照系统的演化行为建立模型”、“从定性到定量的综合集成方法”是一致的，是对该方法不同方面特点的分析，或者说是一个问题的三种说法。我认为只有这样才能对钱老所提出的方法有全面、准确的理解。

3. 深入理解钱老所提出解决开放的复杂巨系统演化问题方法上的变化

如何解决开放的复杂巨系统的演化问题，钱老最先提出的方法为“定性、定量相结合的方法”，后来将其修正为“从定性到定量的方法”。

这里的变化我体会在于，钱老强调的是发展。原来讲定性、定量相结合的方法，是指研究过程中两种方法交替使用，两种方法互为补充，能定量的地方定量，能定性的地方定性。对系统的描述既有定量的部分，也有定性的部分，在分析其演化时，同样也是两种方法同时使用。这对此多数人是容易理解的。

我们研究的是一个演化的系统，是动力学的问题。我认为更能体现对这类系统研究在其研究方法上的特点，不在于研究过程中两种方法的结合，而在于强调在研究过程中，两种方法的侧重使用。开始对系统没有深入准确的认识，一定是从定性方法开始，先进行定性研究，最终是要得出定量的结果。得出定量结果，对系统的认识并没有结束，我们通过多个按照类似方法对不同问题得到的多个定量的结果，再总结，会得出定性的一般的结论（定性的结果），所得到的这个定性的结果，是对同一类系统的更高一个层次的认识。从思维过程来看，对于某一类事物的认识，比如对于经济规律的分析，钱老认为：不应该根据自己的感性认识，思辨考虑，近乎于猜想那样，提出对问题的定性的认识（这一过程的方法论是定性的思考方法，目前社会科学工作者还在采取这样的研究方法）；而是应以对大量具体系统演化的分析为基础，以大量的定量数据、定量结论为基础，进行归纳、总结、提高，从而得到对该问题定性的概括性的认识（这一过程的方法论应该是新的定性的思考方法）。

毛泽东同志在《实践论》一书中将人们的认识过程归纳为感性认识、理性认识、实践这三个阶段，这是人们认识某一个问题的过程。钱老将从定性到定量的综合集成的方法，也看成是人们认识问题的普遍方法，这中间既包含对某一个具体事物的认识，也包括从具体认识到普遍的概念的形成，我认为这也是人们在认识问题，探求真理，形成科学知识的一个方法。

4. 准确了解系统学的现状

对于简单系统、简单巨系统，其演化理论，或称其为简单系统的系统学、简单巨系统的系统学，已经存在，需要我们按照钱老的思路进行梳理、完善。对于复杂巨系统的演化理论，或称为复杂巨系统的系统学还未建立。如果再细分，可以将复杂巨系统分成：现在国外一些专家研究的复杂适应性系统，和钱老强调的开放的复杂巨系统（社会系统）两类。对于复杂适应性系统，目前用计算机着重分析系统的学习、适应机制，提出的如遗传算法、人工神经网络算法等对这类系统的演化比较适用，现在不少专家研究的复杂网络应该也属于对这类系统的讨论。对于社会系统的研究，钱老认为现在应注重实例的研究，通过对实际具体复杂系统的分析，实际上也是建立对于社会系统的系统工程知识，建立社会系统的技术科学知识（社会系统的运筹学、社会系统的控制论）；另外目前钱老提出的从定性到定量的综合集成法，准确地说属于思维科学的内容，钱老认为应该先建立其他领域比如思维科学、社会科学相应的理论。有了上述两个方面的准备，即系统科学本身实际应用和技术科学两个层次知识的建立，再有思维科学、社会科学知识的建立，才有可能最后通过总结提高，建立起开放的复杂巨系统演化理论，即钱老心目中的系统学。

参考文献

[1] 现代科学技术体系总体框架的探索，赵少奎编，科学出版社，2011 年
[2] 系统科学，许国志主编，上海科技教育出版社，2000 年
[3] 创建系统学，钱学森著，上海交通大学出版社，2007 年
[4] 简单巨系统演化理论，姜璐、李克强编，北京师范大学出版社，2002 年
[5] 钱学森论系统科学（讲话篇），姜璐编，科学出版社，2011 年

我翻译《钱学森文集》中几篇论文的体会

王克仁
中国科学院力学研究所 研究员

我翻译了钱学森在20世纪30年代末到40年代初的几篇关于壳体稳定性的论文。这几篇论文是壳体稳定性的经典著作，我在学生时代就学习过，而且不止一遍。从线性理论到非线性理论，这是几篇开山之作。

但是，要将它们译成中文，还是要花一番力气。钱先生的英文自然很地道，但是要将其译成地道的中文，使中文的读者也能领略钱的风采，这才能算完成任务。我不敢说已做到了这一点，只能说，我作了努力。

应该指出，这几篇论文，在整个钱学森文集中并不孤立，与他的其他论文是呼应的，特别是与钱先生一直倡导的工程科学的思想是一脉相承的。

什么是钱先生的工程科学的思想呢？在我看来至少包括下面三方面的内容：要解决的是实实在在的工程中要解决的问题；用的方法是经得起推敲的科学的方法，而且针对实际问题，能比较彻底地解决

问题的；这样的方法可以推而广之，解决更广泛的工程问题。

在这里，什么是要解决的工程问题呢？当时航空界提出飞机要跨越声速的课题。在解决有关气动力的问题之后，就要解决结构的强度问题。归结起来是圆柱薄壳的稳定性问题。这正是当时全世界科学家伤脑筋的一个课题。

对于圆柱薄壳的稳定性问题，当时有的是线性理论。线性理论对于圆柱薄壳的变形给出了很好的结果，可以说已经很成熟。但是，它对稳定性却不适用，给出的屈曲载荷完全与实验不符合，差值要高出五六倍到十几倍。

当时科学家们提出了种种理论来作解释。重要的有塑性理论（即要考虑塑性变形）；原始缺陷理论（即圆柱薄壳一开始就有变形）。但这些都不足以说明理论与实验之间如此大的差异。

我是中国科学技术大学近代力学系第一届学生，钱是系主任，常用他的经历来开导我们，使我们了解科学思想的发展。据钱先生自已说，他每天上班要经过实验室，去看圆柱薄壳稳定性的实验，仔细察看失稳后的试样。最后认为，几何非线性可能是关键。也就是说，应变和位移的关系中要考虑非线性的项。

但是，这个想法却很难加以验证。因为，将此非线性项加到圆柱薄壳的稳定性的方程之内，则方程变得很复杂，不易求解。

于是他想到了球壳的稳定性。对于球壳，理论与实验的屈曲载荷也是有差别的（虽不如圆柱壳那么大）。但是，球壳在数学上比较简单。对于球壳，钱找到考虑几何非线性中的几乎是完全严格的关系，并可以在一定条件下求解。结果证实几何非线性的确是稳定性的决定性因素。

钱学森在几篇论文中严格论证了几何非线性对稳定性的影响，同时提出了上临界值和下临界值的概念。上临界值是壳体能达到的最大载荷，一般说来，它接近线性理论算出来的值，但只有在极端理想的

情况下才有可能达到。而下临界值是由于非线性的几何关系产生的，表明壳体有在低的载荷下失稳的可能性。从而可以引进“跳跃”的概念。壳体可以从一种平衡的形态“跳”到另一平衡的形态。这种“跳跃”往往与非线性联系在一起。它可以解释为何载荷很低也会失稳；也可以说明，实验结果会很分散（实际上确实如此）。推而广之，它可以说明几乎所有结构稳定性问题中理论与实验的屈曲载荷可能出现的不符合。

在解决球壳的稳定性之后，再过了两年，钱学森才提出了解决圆柱薄壳稳定性的论文。结论同于球壳，但他用了近似的方法，即假定了失稳波形和采用了变分方法。

从上面的例子看，球壳或圆柱壳的稳定性可以看成是一个具体的工程问题（有所化简）；但他采用的解决方法是尽可能严格的、科学的；最后提出的几何非线性的概念和上临界值、下临界值和“跳跃”的概念在解决结构稳定性方面却是具有普遍适用性的。

因此，这可以看做是工程科学思想的一次实践。

钱学森有关壳体结构的论文解读

吴永礼
中国科学院力学研究所 研究员

20世纪30年代，航空和航天等工业开始发展。对于飞机、航空和航天等先进的工程结构，为了减轻自重以提高结构的性能，采用薄板、薄壳、加筋板壳和组合板壳等轻型结构。这种结构中的一个突出的问题是保证结构变形的稳定性，因此，研究板壳结构在各种载荷情况下的屈曲、屈曲后的状态和承载能力问题，具有很重要的理论意义和应用价值。钱学森在这方面进行了一些工作，发表了9篇论文，每篇论文均有独特的见解，下面作一简单的介绍。

1. 球壳在外压下的屈曲
（冯·卡门，钱学森，1939年12月）

A. E. H. 勒夫(Love)提出的薄壳一般理论是假定小挠度，从而在能量表达式中略去了所有高于二次的项，得到了确定壳体在给定外

载作用下平衡位置的线性微分方程式。薄壳的屈曲理论本质上也基于勒夫的方程。

过去，R. 洛伦茨(Lorentz)，R. V. 索思韦尔(Southwell)，S. 蒂莫西尼科(Timoshenko)，W. 弗拉杰(Flugge)，L. H. 唐奈(Donnell)等曾计算过等厚度圆柱壳在均匀外压下的屈曲载荷。E. E. 伦德奎斯特(Lundquist)和 L. H. 唐奈(Donnell)等也用实验方法研究过同一问题。

遗憾的是，计算和实验得到的屈曲载荷有很大的差别，理论值要比实验得到的结果高 3 至 4 倍之多。

为了解释这种差异，W. 弗拉杰首次提出，圆柱壳假定的边界条件与实验室中实现的有偏差，而且，根据 W. 弗拉杰的分析，屈曲波形的幅度是逐渐增加的，一直到发生塑性变形；而实验表明，圆柱壳在外压作用下发生的破坏并不是一个渐变的过程，而是非常快的。为了降低理论的屈曲载荷，W. 弗拉杰以及随后 L. H. 唐奈作出的另一种解释是：要考虑壳体在未受力之前形状与精确的圆柱形之间的偏离，即原始缺陷。根据他们的假定，屈曲载荷或破坏载荷取决于材料的塑性破坏。但这解释有如下缺点。首先，为了得到实验中取得的那样低的屈曲载荷，必需假定原始缺陷的大小要达到壳体厚度的 10 倍之多。试样形状有如此之大的偏差，肉眼就应该很容易察觉。经验也未证实这样的偏差存在。第二，圆柱壳的破坏并不一定是塑性破坏(屈服)，特别当壳体很薄时更是如此。在很多情况下，人们观察到，当卸载后屈曲波形就完全消失了。因此，这样的屈曲过程一定是完全弹性的，而并非如 L. H. 唐奈的分析所假定的是塑性的。而且，称有原始缺陷的壳体在破坏前的变形是逐渐增加的，这也与实验所观察到的不符。

球壳在均匀外压下的屈曲也有类似的问题：实验与理论不符。对此问题尚无系统的实验结果。E. E. 赛克勒和 W. 博兰(Bollay)在加州理工学院所作的一些实验表明，实验测得的屈曲载荷仅为理论值的

1 /4。

不但理论和实验得到的屈曲载荷有这样大的差别，理论预测的屈曲波形也与实验所观察到的不同。根据理论计算，同一屈曲载荷产生的屈曲可以向里也可以向外；而实验结果明显地倾向于向里。对于球壳的情况，屈曲波形局限在一个立体角约为 16°的微凹区域。而线性理论预测的屈曲波形是展开在整个球面之上的。

钱学森认为，对于有曲率的壳体，有必要引进“上”屈曲载荷和“下”屈曲载荷的概念；前者由经典理论给出，后者等于使壳体在有限变形的某屈曲形状下保持平衡的最低载荷。

钱学森提出这个理论，其最本质的特点是：提出的较低屈曲载荷并不依赖于试样或载荷存在的缺陷；而先前的计算及有限变形计算破坏载荷的方法都与试样的缺陷或不对称性的假定有关，而这样的假定是有随意性的。看来，为了在实验中达到上屈曲载荷只有当制造试样和进行试验时特别小心才行。由于在工程实际中总是允许有一定的缺陷。因此，得到的屈曲载荷总是接近下屈曲载荷，从而该较低的值应定为设计的标准。

2. 曲率对结构屈曲特性的影响 （冯·卡门，唐奈，钱学森，1940 年）

对于有单曲率或双曲率的薄壳结构，预测其屈曲载荷，或者更确切地说，破坏载荷，是应用弹性力学领域中最令人困惑的问题之一。任何对此问题有所接触的人都注意到理论与实验结果的巨大差别。但是对于设计师们来讲，不管弹性理论能否对他们提出的问题给出正确的答案，他们的工作还得进行下去。因此，就上述薄壳结构而言，设

计师们不得不依靠实验方法所测定的经验公式。但是,采用这种没有坚实物理学基础的经验公式去处理复杂的问题是有一定局限性的。因此,对于确定破坏载荷的各种相互影响因素和破坏过程的机制给出正确的描述,总是于设计师们有用的。

钱学森提出对问题症结的一些考虑。

(1) 比较了有曲率和无曲率的一维和二维结构的屈曲。

(2) 评述了圆柱壳屈曲的经典理论与实验观察结果之间的差别,以及能揭示破坏机制真实特点的一些研究结果。

(3) 根据前两节提出的观点,讨论在实验室里观察到的、不同结构(直柱、平板、曲杆、球壳、曲板、加筋壳结构)的屈曲现象,指出柱壳经典理论的不足之处,提出圆柱壳屈曲的可视化研究,为了对圆柱壳屈曲作可视研究而设计了加载机构。

论文对于经典理论和实验中得到的破坏载荷之间的巨大差异所作的解释,与唐奈的圆柱壳薄理论有类似之处,都将初始挠度作为控制因素确定破坏载荷。但是明确指出:唐奈假定破坏是因材料进入塑性变形引起的;而论文的解释则是基于结构某些元素的非线性特点,但是还处于弹性变形极限之内。

3. 圆柱壳在轴压下的屈曲
(冯·卡门,钱学森,1941 年)

在文中,卡门和钱学森采用大挠度方程和更能代表实际屈曲波形(棱形波)的挠度函数,第一次得到了轴压圆柱壳在屈曲后的相当精确的挠度曲线,曲线中最有意义的是在达到临界载荷以后,为了保持平

衡所需的轴向载荷急剧下降。对于已产生有限变形的平衡状态，壳体可以在大大低于临界载荷的情况下保持平衡，他们以此来说明临界载荷和实验结果的巨大分歧，并以试验机的振动说明可以触发跳跃现象。这个工作奠定了用非线性理论解决圆柱薄壳在轴压下屈曲后问题的基础。

作者在前两篇论文中已详细讨论了经典的薄壳理论不能解释圆柱壳和球壳屈曲现象的方方面面。并指出，不仅计算得到的屈曲载荷比实验值高 3 至 5 倍，而且壳体屈曲所生成的波形也与预测的不同。进一步指出，L. H. 唐奈和 W. 弗拉杰对此所作的不同解释站不住脚，因为根据他们的解释得到的一些结论与实验结果不符。作者对球壳的理论分析结果使作者相信，一般说来，有曲率壳体的屈曲现象只能用非线性的大挠度理论才能解释。用有非线性弹性支撑的细柱的模型试验验证了这种观点。由于这类结构的非线性特点，一旦结构发生屈曲，随着屈曲波形幅值的增加，壳体维持平衡所需载荷就会迅速降低。因此，首先，当屈曲时壳体内的一部分弹性能马上就释放出来了；这解释了观察到的屈曲现象为何如此迅速；其次，正如作者在前几篇论文中的一篇所表明的，由于试样的微小的缺陷以及试验过程中的振动，也会大大降低屈曲载荷。

本文采用同样的想法研究等厚度圆柱薄壳在轴压下的屈曲问题。首先，用近似的计算再次说明随着挠度的增加，壳体的载荷是下降的。然后，根据计算的结果，更详细地讨论在实际试验机上观察到的屈曲现象。

4. 带非线性横向支撑的柱的屈曲（钱学森，1941 年）

作者在薄球壳和薄柱壳的屈曲现象研究中发现：对这种结构，即

使应力低于弹性极限并和相应的应变成正比，但持续的载荷不是挠度的线性函数。这个非线性的载荷和挠度关系给出完全不同于经典理论的结果。但是，这些问题因为涉及一组非线性偏微分方程，很难得到精确解。在本研究中采用的方法称为能量法，首先假设一个带一些待定参数的合理的壳挠度形状，然后用系统的应变能的一阶变分等于零来确定这些参数。虽然这个方法对所研究的情况得到了相当满意的结果，由于这些问题的新奇性，所以精确解是非常令人向往的。带非线性横向支撑的柱的实验表明，这种结构可以重现曲壳屈曲的基本特征，但是，带非线性横向支撑的柱问题比曲壳问题简单得多，绕过了数学上的困难就可以得到精确解。本文给出了柱问题的精确解。

5. 薄壳的屈曲理论
（钱学森，1942 年）

本研究的目的是寻找对“经典”理论和实验之间的差异的解释。对于外压下薄球壳的情况和在轴压下薄圆柱壳的情况，发现了包含大挠度的平衡状态，比用无限小挠度的经典理论计算的屈曲载荷小得多的载荷下能够维持这个平衡状态。于是感到因为这些新发现的平衡状态紧密地接近所观察的现象，壳体必须突然地从未屈曲的形状“跳跃”到这些平衡状态，结构失效是这个突然变化的结果。但是，为什么壳体将“跳跃”到这些平衡状态而不是其他状态的原因还没有被解释。在本文中，为了确定在平衡状态中的这个突然变化，发展了包括能量水平和几何约束的新原理，用这个原理计算了球壳和柱壳的屈曲载荷，与实验很好地符合。

6. 薄壳非线性屈曲理论中的下屈曲载荷(钱学森，1947年)

对于薄壳，在超出经典屈曲载荷以后，载荷 P 和挠度 ε 之间的关系经常是非线性的。例如，当均匀薄圆柱壳在轴向加载时，载荷 P 与端部缩短 ε ，假如计算应变能 S 和总势能 $\varphi=S-P\varepsilon$，那么可以证明：图 1 中的分支 OC 和 AB 相应于稳定的平衡形状，分支 BC 相应于不稳定的平衡形状，B 点则是从稳定的平衡形状到不稳定的平衡形状的转变点。

作者在以前的论文中已经建议：应用"试验机"加载的 $S\sim\varepsilon$ 曲线和应用"死重"加载的 $\varphi\sim P$ 曲线，A 点是在外部扰动下结构屈曲的临界点。与 A 点相应的壳的未屈曲形状的载荷被称为壳的下屈曲载荷，从 A 点到曲线 BC 的垂直距离是造成在 A 点屈曲所要求的最小外界激励。

但是，假使外界激励是大的，那么屈曲为什么不能直接在 B 点下的 B' 点发生就没有理由了，因此，所要求的最小外界激励由距离 $B'B$ 所表达的能量给出，这个能量实际上是屈曲时结构吸收的。因为曲线 BA 表示屈曲后的结构的最终状态，为了在 B' 和 A 之间发生屈曲吸收了能量。在 A 和 C 之间发生屈曲则释放了能量，但是无论如何，屈曲载荷的下限肯定由 B' 点给定，而不是 A 点。因此，下临界屈曲载荷将是与 B' 相应的载荷 P。

参考前面所述论文的图，假设四方形波，均匀薄圆柱壳在轴压下的下屈曲应力由下式给定，对于试验机加载：

$$\sigma=0.42Et\ /R$$

对于死重加载：

$$\sigma = 0.19Et\ /R$$

在以前建议的准则中，对这两种情况所相应的值分别为$\sigma = 0.46Et\ /R$和$\sigma = 0.298Et\ /R$.

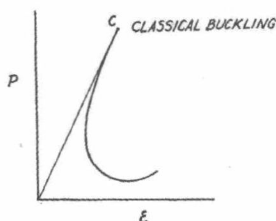


图 1

7. 黏弹性介质 Alfrey 定理（钱学森，1949 年）

对于在应力、应变和它们对时间的导数分量之间为线性关系的各向同性不可压缩黏弹性介质中的不均匀应力，阿尔弗雷（Alfrey）已经证明：在第一类边值问题情况下，应力分布与在相同瞬时表面力情况下不可压缩弹性材料的情况相同。对于在边界上指定位移的第二类边值问题，可以得到相似的结果。

本文的目的是把这个定理推广到包括体力的各向同性不可压缩介质，只讨论第一类边值问题，同样，第二类边值问题相应的定理也是如此。

8. 快速加热应力薄壁圆柱壳的相似律（钱学森，郑哲敏，1952 年）

当均匀厚度的薄壁圆柱壳被壳体中流动的高压热气体迅速加热

时，材料的温度从内表面的高温急剧地降低到外表面的环境温度，因此，材料的杨氏模量也随之变化。本文的目的是将这样的圆柱壳的应力分析问题变换为在壁中没有温度梯度的一般圆柱壳的等价问题。等价概念表达为一系列热圆柱量和冷圆柱量之间的关系式。这些关系式给出了相似律，借此，可以简单地从冷圆柱上测得的应变推导出热圆柱上的应变，从而极大地简化实验应力分析问题。

固体推进火箭的圆柱在短的运行时间内受到非常快的加热。在薄壁圆柱壳的壁中温度虽然在每个截面上是近似地相同的，但是是非线性的。这种情况在推进器药柱燃烧结束时最为严重。从材料工程师的角度来看，这种情况不同于其他加热的时间速率，它的速率如此之大，以致在材料的结构中发生可以看到的变化而不允许有足够长的时间。在这种运行条件下壁材料的强度完全不同于缓慢加热的情况。R. L. 诺兰（Noland）在最近的一篇论文已经明确地证明这个事实。从应力分析的角度来看，由于大的温度梯度而造成沿壁厚有非常大的热应力和变化的材料杨氏模量，使固体推进火箭圆柱的合理设计将复杂化。此外，由于短的试验时间和高的温度，在实际燃烧试验中的应力的确定也是非常困难的。

正是由于上述原因，现在用可行的合理的方法分析的只有一种情况，就是均匀内压下的火箭圆柱。由斜喷嘴造成的弯曲应力，因端部封闭、安装把手等所引起的应力只能用非常粗略的方法来估计。本文提出一个方法来改善这个情况，这个方法就是把热圆柱壳的一般应力问题归纳为等价的冷圆柱壳问题。这个等价的问题可以用惯用的方法分析或用实验应力测量来直接确定。无论那一种选择，问题将极大地简化了。在热圆柱壳和冷圆柱壳之间的这个等价定律称为相似律。

9. 受热应力机翼的相似律

（钱学森，1952 年）

飞机以超声速飞行引起的高滞止温度造成飞机表面严重的气动加热。例如，在凯（Kaye）的最近论文中，计算了加速飞行时楔形固体机翼上的瞬态温度分布，发现它们随机翼上的空间和时间迅速变化。当在材料中有大的温度梯度时，由于材料的不均匀热膨胀，一般有大的热应力，因此，与严重的气动加热同时，有确定机翼中的热应力问题。本文的目的是提出计算这种加热机翼中应力的方法。

应力分析的出发点是机翼中的温度分布，因为与材料中变形的响应时间相比，温度的变化要慢得很多，应力计算可考虑为准稳态问题。即机翼中每一时刻的应力可以从这一时刻的温度分布来计算，而不必考虑由变化的应力和热膨胀系数所要求的材料位移的时间变化的惯性效应。因为机翼是薄的，因此薄板弯曲的柯克霍夫（Kirchhoff）假设成立，在一般的弹性理论中，这个问题将大为简化。事实上，不久以前，纳达（Nadai）已经处理了弹性薄板中的热应力问题。本研究在两个方面推广了这个理论：板的横截面上线性温度分布的 Nadai 假设不再必要了，现在温度分布是任意的，第二，材料的杨氏模量 E 可以作为温度的函数而变化，因此，在本理论中可以考虑杨氏模量随温度的升高而减小的效应。

本文的主要目的并不是构造受热板的理论，主要目的是应用理论来给出相似律的表示式，由此，可以在不加热的室温情况下，用恰当的比例和恰当的加载机翼上进行一组试验来解热机翼的应力问题。作者以前已探讨过薄壁圆柱的这个相似律概念，相信处理受热机翼应力问题的这个途径比纯分析解有很多实际的优点。

做钱学森先生秘书时的二三事

张可文
中国科学院自动化研究所 离休干部

1956年7月，中国科学院力学研究所筹备组邀请我，给刚归国不久的钱学森先生做秘书。

我是一个地道的两门干部，即从学校门到家门，没有什么社会知识，更谈不上经验。现在要面对这样一位出国二十年，在科学技术上被世界公认的有成就的人物，应该会有些顾虑，但我倒也没有太多的顾虑和想法，因为我无从想起，工作需要那就干吧。

记得第一天报到时，组织上接见我的是办公室主任周素同志，她所讲的话中，最使我印象深刻的大概意思是："他是世界级的科学家，是我们的国宝，要关心他，爱护他，但是在人格上我们是平等的。"

当我第一次见钱先生时，他讲话极为简单，"噢！你是学数学的，这很好，将来你能理解我所从事的工作"，只字未提什么秘书工作。接着他拿了一本英文版的他的导师冯·卡门所著的《空气动力学》给我，叫我看。

由此可见我的秘书工作并不多，主要因为他不在办公室的时间远

超过在的时间，所以我第一工作任务是“看家”、接电话，以使他的工作能不间断地正常运行。剩下来的时间就学习，学习他这个人，学习他所从事的工作。

看了《空气动力学》一书，使我对他所从事的工作有了一些了解，特别在书中看到卡门-钱公式时，真是觉得太棒了。属于国际最高水平，为中国人争光啊！接着我就了解全所各研究组（那时只设组没设室）的研究对象及目的。我确实学了不少，因为当我尚在校学习时，数学系只设一门理论力学，直到1952年院系调整时，北大数学系才成立了数学力学系和力学专业。

我想是钱先生为了让我能较快地了解他所从事的工作，每当工间操时或下班前一段时间就会给我讲国外科技发展现状，这样来扩大我的视野、增强兴趣。我则像久旱逢甘霖那样倾听着、吸收着。当时是什么样的时代背景呢，新中国成立后，我们就受到了欧美列强的全面封锁，极少能见到英文版的新书、新杂志。那时只有一个苏联作为窗口，与外部有所联系。当时我们这一代人，包括比我们大的，都是受欧美派的影响，国内较有名的中学高中数、理、化方面课程直接采用国外的教材。自从解放后只有学习苏联，这里不仅有语言障碍，在思维模式上亦存在一定的差异。

钱先生的表达能力是异常高超的，他可以把一个艰涩复杂的问题，讲得简单而易懂。我常听同志们说，听钱先生的课是一种享受，而我都是由他单独授课的。记得当年苏联第一颗人造地球卫星发射成功后，他就专门科普这个问题，也是他即将进行的事业。所以他把发射按过程分阶段（把卫星送入轨道，在轨道上运行，直至回收）来讲，如第一阶段用什么工具把卫星送上空间，第二阶段如何达到所必须速度的推力，这就关系到燃料问题。这样就有个整体和部分之间的关系，以及每个部分的关键和需要着力解决的问题。他鼓励我出去做了两次关于人造卫星的科普演讲。有一次他还给我讲了科威特这样一个

石油大国，如何在沙漠上搞农业工厂，这真使我大开眼界。这里还有数学问题，如何进行系统多级控制问题等。有一次他对我说要搞一点情报资料，我当时有点疑惑，钱先生笑着说道："我讲的是科技情报，现在中央提出'超英、赶美'的口号，那么我们首先应当清楚他们当前所达到的水平，否则'赶、超'不是成了一句空话了吗？"我被他说服了。后来他教我如何从一些科技杂志的广告上提取信息，以风洞为例，专门找寻广告上各国风洞的马赫数，就能反映出那个国家在超音速空气动力学所达到的研究水平。

就这样，他对我提出了明确要求，同时尽可能用切实的帮助来达到目标。他对我所谈的一切从来也没有偏离过他的工作。

有一件事也许值得一提，那是我到力学所还不到五个月的一天，有个我国某名牌大学的年轻副教授来访，当时钱先生正在工作，所以那位同志就站在他的大桌子前谈问题，到最后我只听到钱说了一句："这个你还不懂。"（也许是年龄和所受教育背景比较接近的关系，我对这些年轻人的思想感情较为理解、熟悉。他们对钱先生是既敬又畏，想接近又保持距离，对他又有着某种程度神秘感。特别是他那由美国带回的满满一墙的科技书，像磁石吸铁一样吸引着他们。为此，当钱先生不在所里时，我常常把办公室门打开，请他们进来参观，使他们能与钱先生逐渐走近。）看到和听到了刚才一幕，使我感到不是滋味，这将妨碍钱先生和群众的接近，并可能影响到工作。我就下决心把我的感受告诉他。机缘终于来了，那天他上班较早，并且没有多少文件需要处理、审阅。我就笑着和他说："钱先生，我可明白了为什么很多人怕你。"当时他就停下手中的事，侧头听我说。我就提出了那天年轻副教授来访一事，我说："他也是堂堂××大学的副教授，来向你请教，你就让人家像个小学生似地站着问问题，最后还来一句'这个你还不懂'。多么没脸啊！人要脸，树有皮，以后谁还敢向你请教呢？"（说到

这里我感到我的言辞过于严重,但始终是笑着说的)。他一句话也没讲,这件事就这样过去了。谁知二十几年后,有一次已经调到自动化所的我给他写了一封信,请人转交。后来那位同事告诉我,当钱先生接信知道是我所写的,就告诉他说:“张可文对我帮助很大。”当时我听了这句话真是满头雾水,不知道指的是什么。又过了约六七年,一天他到我们所来开会,我去找他,见到他时,竟然当着我的面,对着与会的同志说:“张可文对我帮助很大。”至此我还是不知所指何事。直到50年后,力学所纪念建所和钱先生归国50周年,召开纪念会,我与力学所老同志有了联系,才知道指的是说那句“人要脸、树有皮”那件事,我真是很感动。我当时仅仅是一个大学毕业不足五年的普通人,而他已是一位世界级著名科学家,能如此虚心听取意见,我真正感到他不仅是学识上伟大,而且精神上伟大,他是一个纯粹的人,一个没有低级趣味的人,我敬佩他!

由于钱先生的工作重心逐渐由科学院转向五院,我的工作也随之变化,所以当党委书记征求我意见去创办力学所附设科学技术学校时,就满口答应了。因为,我知道它意义所在。

我觉得要办好一所学校,必须具备三个条件,不然会事倍功半,难以成就。

第一是学校的明确培养目标。这是钱先生亲自抓的,目标很明确,也就是说学校使一个初中毕业生,通过三年的教学,能达到在研究人员指导下成为一名初级的助手。具体地说,也就是他们不仅要完成高中的文化教育,并要学习大学一、二年级的专业知识和相应的动手能力,任务是艰巨的。

第二是学生来源和老师来源,由于北京市很支持科学院办校,因之生源得到了保证。可是师资呢?当时力学所成立还不足三年,研究人员严重缺乏,从所的编制即能意识到,当时所里只有研究组,而没有研究室。可是面对学校所需师资,所里是全力支持的,全部由所的研

究人员来兼任或专任。记得当时全所仅有一个翻译，还来承担兼任教师之职。当年（58年）科学院分配给所里十一二名北大数学力学专业的应届毕业生，就分配给学校两名，一名流体力学专业，一名是固体力学专业，他俩都是各自专业的尖子。

第三是教学工厂和实验室。组建工厂和实验室更是难上加难了，它要钱、要人和场地。记得那是一个星期六的中午，钱先生亲自来电话告诉我，所里拨了42万元（具体数字不太确切了，但总数是在40万元以上），给学校购置机器设备，听了这话我好像是一个肚子正在咕咕叫的饥饿者，天上突然掉下来美味的馅饼，心里多么高兴啊。他还告诉我，下午派了所工厂的工程师来找我，帮助我制定机器、设备的订购计划，要做到一次到位。

至此，我感到在他的领导下工作真是一种幸福。这也使我认识到，只有都做到各尽其责，才有可能使每个人各尽其能。

钱先生那段时间工作极其繁忙，但他还挤出时间给全校师生作报告，以他的言教和身教深刻地影响着原力学科技学校的师生，他们永远不会忘记那段时间所经历的艰辛，更不会忘记那段幸福时光。

钱学森和郭永怀是志同道合的好朋友

李和娣
中国科学院力学研究所 研究员

（记述李佩先生的谈话）

2011年8月10日那天，《国家命运》摄制组正在力学所主楼的301会议室进行现场拍摄，他们特别邀请"两弹一星功勋奖章"获得者郭永怀的夫人李佩教授做现场采访式交流，请她介绍郭先生在科技工作之外的兴趣爱好。拍摄完毕，李先生还沉浸在深深的思念之中，我与她同坐在一张沙发上，请她讲讲当年力学所的首任所长钱学森和常务副所长郭永怀的故事。李先生向我娓娓道来那64年前的往事。

"我第一次听到钱学森的名字还是通过在美国康奈尔大学工作的郭永怀，那时，我与老郭快要结婚了。那是1947年2月，我到康奈尔大学(Cornell University)进修不久，中国同学会邀请老郭给中国留学生讲'火箭技术'。老郭在报告中谈到了宇航事业，谈到了加州理工学院的火箭研究小组，介绍了他最相知的好朋友钱学森。

有一天，老郭告诉我，钱学森要来康奈尔大学，请我去帮忙接待到康奈尔大学参加学术活动的好友。我们炖好了一锅鸡汤，老郭知道钱学森最讲究原汁原味，还准备了蔬菜沙拉及小吃，他吩咐我再焖一锅

米饭。到了中午时光，老郭陪了两位好友，一进门就向我介绍：'这位是钱学森，那位是林家翘'。那时，他们两位风华正茂、风度翩翩，谈论的都是学术问题，这是我第一次亲眼见到钱学森与林家翘这两位年轻有为的科学家。

1947 年 9 月钱学森与蒋英在上海结婚。不久，当听说蒋英来到美国，我们都很高兴！从此，我们两家的交往机会多了，关系更为密切。老郭将工作安排妥当后，我们在一个周末，去了波士顿访问钱家，祝贺他们新婚。老郭事先请林家翘在他家附近为我们预订了旅馆。我们去钱家那天，当我走进客厅，立刻眼前一亮，钱学森郑重地给我们介绍了蒋英，她美貌而活跃，然后钱又很深情地指着一架三角钢琴说：'这是我欢迎蒋英来美国的见面礼！'

那一次，我们大概在波士顿三天。有一天晚饭后，林家翘开车送我们回旅馆时，特意绕到钱家的门口，远远望去，他家的书房灯光很亮。林家翘说：'你们看，有灯光的窗户就是钱学森的书房！他在麻省理工学院教书时，在波士顿那个地方的人都知道，只要深夜有灯光的就是钱家。钱学森非常刻苦，只要他家书房的灯还亮着，就知道他在家工作，谁也不敢去打搅他。

1950 年的夏天，康奈尔大学航空工程研究生院院长威廉・西尔斯(William Sears)，他是冯・卡门的大弟子，邀请钱学森给师生做学术报告，他们全家来到伊萨卡(Ithaca，康奈尔大学所在的小镇)。老郭和老钱志趣相投，业余爱好都是摄影，老郭带上了相机陪他们参观了倚色佳的几处景点。那时永真(钱的女儿)才几个月大，威廉・西尔斯院长的夫人梅勃就将永真留在她家照料，我们在遊览景点时，老郭给他们家拍了两张照：一张是老钱抱着永刚(钱的长子)，一张是老钱和蒋英的合影，虽然 61 年过去了，往事好像就在眼前。

1952 年，老郭在康奈尔大学航空工程研究生院任教已 7 年，可以带薪休假，可以有半年时间去国外讲学或旅游。那时钱学森正被美国

联邦调查局软禁在家里。而郭永怀原来应英国力学大师赖特希耳(Lighthill)邀请去英国讲学,同样因美国联邦调查局不允许任何中国学子离境而不能出国,老钱就邀老郭去帕萨迪纳(Pasadena,加州理工学院的所在地区),这样两个好朋友可以一起进行研究和讨论。我们搭乘了横穿美国大陆的火车到了加州,在钱家附近租了房子。安顿下来后,钱和郭一起进行了高超声速黏性流动的学术研究。当我们两家在一起时,大多谈论着一旦将来能回国,有哪些是亟待解决的工作要做。钱家的情况与过去大不一样了,屋里空空荡荡的,倒是蒋英的那架大三角钢琴还在。蒋英说,是她找联邦调查局要回来的,她是歌唱家,不能没有钢琴。她说,美国联邦调查局(FBI)常去他们家,而且还要求每个月要向美方报告。家里已准备了 3 个手提箱,只要能回家,立马提起手提箱回国,一刻也不停留!好几次,我们在钱家吃饭,都是大科学家钱学森亲自下厨,可见,钱学森与郭永怀的亲密友谊。"

听了李佩先生讲的往事,我沉浸在深深地怀念中。

这时,《国家命运》摄制组的导演诚恳地向我提出,希望摄制组能亲眼看看钱学森所长与郭永怀所长的两个办公室,经同意,我随即带领他们来到了三层东侧钱和郭的两个办公室。这两个办公室是在力学所的所、室领导和广大专家学者的大力支持和帮助下恢复布置的,还得到了钱学森的儿子钱永刚在设计理念上的具体指导。虽然从 2009 年起精心设计到细致布置已有两个年头,我们想方设法还原当时的情景,到处收集原有或复制当年的摆设。但是,今天仔细端详,陈列品上字字句句还是那么地吸引着我,意味深长。

在陈列的玻璃柜内,最先映入眼帘的是,摆放着先期回国的钱学森所长给郭永怀的两封信,字里行间浸透着两人之间的深情厚意和献身祖国科技事业的一片赤诚。

钱学森对郭永怀说:"每次都说归期在即,听了令人开心。我们现在为力学忙,已经把你的大名向科学院管理处'挂了号',自然是到力

学所来，快来，快来！……多带书！……请兄多带几个人回来。”当获悉郭永怀已抵达深圳，欣喜之情溢于言表：“今天是足踏祖国土地的头一天，也就是快乐生活的头一天，忘去那黑暗的美国吧！我个人还更要表示欢迎你，请你到中国科学院的力学研究所来工作，我们已经为你在所里准备好了你的‘办公室’，是一间朝南的在二层楼的房间，淡绿色的窗帘，望出去是一排松树。希望你能满意。你的住房也已经准备了，离办公室只五分钟的步行，离我们也很近，算是近邻。自然我们现在是‘统一分配’，老兄必定要填写志愿书，请您只写力学所。原因是：中国科学院有研究力学的最好环境，而且现在力学所的任务重大，非您来帮助不可。……我们拼命欢迎的，请你不要使我们失望。”

看到当年老一辈科学家，拳拳赤子心，殷殷报国情，我的心久久不能平静。我向前来参观的《国家命运》摄制组导演等人介绍了钱学森所长和郭永怀所长回国后的情况。他俩亲如兄弟、竭尽全力地为创建中国科学院力学研究所和怀柔火箭试验基地，筹划制定我国第一个“十二年科学技术远景规划”，开创和发展力学事业，创建中国力学学会和中国空气动力学学会，领导规划全国高等学校力学专业的设置，创办与清华大学合办的工程力学研究班和自动化进修班，创办中国科学技术大学近代力学系和物理化学系等，并编写教材、亲自讲课、开展学术讨论和科学实验等。只要祖国的需要，放弃了自己的兴趣专长，承担起国家命运的责职和使命！当国家急需搞原子弹和氢弹时，钱学森极力推荐郭永怀！他俩共创中国空气动力学研究院（第十七院），提出了高瞻远瞩、深谋远虑的发展战略……

钱学森和郭永怀是共同的理想、信念和爱好使他们俩紧密地联系在一起，正如钱学森在纪念郭永怀的传文中所说，在当时的钱学森、郭永怀、钱伟长、林家翘、傅承义这五个挚友中，“和我最相知的只有郭永怀一人”。他们经常彼此切磋学问，苦恼时互相倾吐真情，困惑时相互安慰和鼓励，事业上委以重任，鼎力相助。钱学森在那篇传文中是这

样赞赏郭永怀的："我认为郭永怀同志是一位优秀的应用力学家，他把力学理论和火热的改造客观世界的革命运动结合起来了。其实这也不只是应用力学的特点，也是一切技术科学所共有的，一方面是精深的理论，一方面是火样的斗争，是冷与热的结合，是理论与实践的结合，这里没有胆小鬼的藏身处，也没有私心重的活动地；这里需要的是真才实学和献身精神。郭永怀同志的这些贡献，我想人民是感谢他的。周恩来总理代表党和全国人民对郭永怀同志无微不至的关怀就是证据。"当钱学森听到郭永怀不幸牺牲的噩耗时，悲恸欲绝！1988年钱学森回到力学所为纪念郭所长牺牲20周年的深情话语至今记忆犹新。

今年12月11日是钱学森诞辰100周年的日子。经力学所广大科技人员的心声，所长办公会决定，在力学所园区内设立钱学森的塑像。当我拜访李佩先生征求她意见时，她和蔼地对我说：塑造钱学森所长的塑像，不要受郭所长现有塑像的影响，那时20年前的事儿，而是要体现钱、郭是好朋友。我细细地品味她所说的话，默默地铭记她所说的往事，深深地敬仰他们志同道合、献身科学、献身祖国、可歌可泣的老一辈科学大师，他们的高尚品德、科学思想和辉煌成就留给了我们，将一代又一代地继承和发扬下去。

附1：钱学森给郭永怀的两封信

1956年2月2日致郭永怀

永怀兄：

接到你的信，每次都说归期在即，听了令人开心。

我们现在为力学忙，已经把你的大名向科学院管理处"挂了号"，自然是到力学所来，快来，快来！计算机可以带来，如果要纳税，力学所可以代办。电冰箱也可带。北京夏天还是要冰箱，而现在冰块有不够的情形。

老兄回来，还是可以做气动力学工作，我们的需要决不比您那面差，带书的时候可以估计在内。多带书！这里俄文书多、好，而又廉价，只不过我看不懂，苦极！

请兄多带几个人回来，这里的工作，不论在目标、内容和条件方面都是世界先进水平。这里才是真正科学工作者的乐园！另纸书名，请兄转大理石托他买，我改日再和他通信。

此致

敬礼！嫂夫人均此！

钱学森上

2月2日

我们有人出席世界力学会议(比国九月)。

注文：

1. 此信是钱学森回国后，写给还在美国的好友郭永怀(回国后任中国科学院力学研究所副所长)的信。
2. 信中所说托“大理石”买书一事，是请他们的好友弗兰克·马布尔(Frank Marble)办。“marble”一词意思是“大理石”。钱学森在信中不说英文“Marble”，而说中文“大理石”，有不给 Marble 引起意外麻烦的意思。

1956年9月11日致郭永怀

永怀兄：

这封信是请广州的中国科学院办事处面交，算是我们欢迎您一家三口的一点心意！我们本想到深圳去迎接您们过桥，但看来办不到了，失迎了！我们一年来是生活在最愉快的生活中，每一天都被美好的前景所鼓舞，我们想您们也必定会有一样的经验。今天是足踏祖国土地的头一天，也就是快乐生活的头一天，忘去那黑暗的美国吧！

我个人还更要表示欢迎你，请你到中国科学院的力学研究所来工

作,我们已经为你在所里准备好了你的“办公室”,是一间朝南的在二层楼的房间,淡绿色的窗帘,望出去是一排松树。希望你能满意。你的住房也已经准备了,离办公室只五分钟的步行,离我们也很近,算是近邻。

自然我们现在是“统一分配”,老兄必定要填写志愿书,请您只写力学所。原因是:中国科学院有研究力学的最好环境,而且现在力学所的任务重大,非您来帮助不可。——我们这里也有好几位青年大学毕业生等您来教导。此外力学所也负责讲授在清华大学中办的“工程力学研究班”(是一百多人的班,由全国工科高等学校中的五年级优秀生组成,两年毕业,为力学研究工作的主要人才来源)。由于上述原因,我们拼命欢迎的,请你不要使我们失望。

嫂夫人寄来的书,早已收到,请不必念念!

不多写了,见面详谈。

即此再致

欢迎!

钱学森

1956年9月11日

附:力学所现有兄旧识如下:钱伟长、郑哲敏、潘良儒

注文:

这是郭永怀回国时,钱学森在北京写的欢迎信(摘自“中国科学院力学研究所档案)

附2:钱学森撰写的《郭永怀文集》纪念文章

现在已是八十年代的第一春。还要倒数到第十一个冬天,郭永怀同志因公乘飞机,在着陆事故中牺牲了。是的,就那么十秒钟吧,一个

有生命、有智慧的人，一位全世界知名的优秀应用力学家就离开了人世；生和死，就那么十秒钟！

十秒钟是短暂的，但回顾往事，郭永怀同志和我相知却跨越了近三十个年头，而这是世界风云多变的三十个年头呵。我第一次与他相识是在1941年底，在美国加州理工学院。当时在航空系的有林家翘先生，有钱伟长同志，还有郭永怀同志和我。在地球物理系的有傅承义同志。林先生是一位应用数学家。傅承义同志专的是另外一行。钱伟长同志是个多才多艺的人。所以，虽然我们经常在一起讨论问题，但和我最相知的只有郭永怀一人。他具备应用力学工作所要求的严谨和胆识。当时航空技术的大问题是突破“声障”进入超声速飞行，所以研究跨声速流场是个重要课题，但描述运动的偏微分方程是非线性的，数学问题难度很大。永怀同志因问题对技术发展有重大意义，故知难而进，下决心攻关。终于发现对某一给定外形，在均匀的可压缩理想气体来流中，当来流马赫数达到一定值，物体附近的最大流速达到局部声速，即来流马赫数为下临界马赫数；来流马赫数再高，物体附近出现超声速流场，但数学解仍然存在；来流马赫数再增加，数学解会突然不可能，即没有连续解，这就是上临界马赫数。所以真正有实际意义的是上临界马赫数而不是以前大家所注意的下临界马赫数，这是一个重大发现。

1946年秋，郭永怀同志任教于由W. R. 西尔斯(Sears)主持的美国康奈尔大学航空学院，我也去美国麻省理工学院，两校都在美国东部，而加州理工学院在西部，相隔近三千里，他和我就驾车旅行。有这样知己的同游，是难得的，所以当他到了康奈尔而留下来，而我还要一个人驾车继续东行到麻省理工学院时，我感到有点孤单。

1949年我再次搬家，又到美国加州理工学院任教，所以再一次开车西去，中途到康奈尔。这次我们都结了婚，是家人团聚了，蒋英也再次见到我常称道的郭永怀和李佩同志。这次聚会还有Sears夫妇，都

是我们在加州理工学院的熟朋友。我们都是我们的老师冯·卡门的学生，学术见解很一致，谈起来逸趣横生。这时郭永怀同志已对跨声速气动力学提出了一个新课题：既然超出上临界马赫数不可能有连续解，在流场的超声速区就要出现激波，而激波的位置和形状是受附面层影响的，因此必须研究激波与附面层的相互作用。这个问题比上临界马赫数问题更难，连数学方法都得另辟新途径。这就是 PLK 方法中 Kuo(郭)的来源，现在我们称奇异摄动法。这项工作是郭永怀同志的又一重大贡献。

郭永怀同志之所以能取得这两项重大成果，是因为他治学严谨而遇事看得准，有见识；而一旦看准，有胆量去攻关，当然这是我们从旁见到的，我们也许见不到的是他刻苦的功夫、呕心沥血的劳动。

我以后再见到永怀同志是 1953 年冬，他和李佩同志到加州理工学院。他讲学；我也有机会向他学习奇异摄动法。我当时的心情是很坏的，美国政府不许我归回祖国而限制我的人身自由，我满腔怒火，向我多年的知己倾诉。他的心情其实也是一样的，但他克制地劝我说，不能性急，也许要到 1960 年美国总统选举后，形势才能转化，我们才能回国。所幸的是：在中国共产党的领导下，新中国有亿万人民的团结，迅速强大起来了，我们都比这个日程早得多回到祖国，我在 1955 年。他在 1956 年。

郭永怀同志归国后，奋力工作，是中国科学院力学研究所的主要学术领导人；他做的比我要多得多。但这还不是他的全部工作，1957 年初，有关方面问我谁是承担核武器爆炸力学工作最合适的人，我毫无迟疑地推荐了郭永怀同志。郭永怀同志对发展我国核武器是有很大的贡献的。

所以我认为郭永怀同志是一位优秀的应用力学家，他把力学理论和火热的改造客观世界的革命运动结合起来了。其实这也不只是应用力学的特点，也是一切技术科学所共有的，一方面是精深的理论，一

方面是火样的斗争，是冷与热的结合，是理论与实践的结合，这里没有胆小鬼的藏身处，也没有私心重的活动地；这里需要的是真才实学和献身精神。郭永怀同志的这些贡献，我想人民是感谢他的。周恩来总理代表党和全国人民对郭永怀同志无微不至的关怀就是证据。大家辛勤工作，为翻译、编辑和出版这本文集付出了劳动，也是个证据。是的，人民感谢郭永怀同志！作为我们国家的一个科学技术工作者，作为一个共产党员，活着的目的就是为人民服务，而人民的感谢就是一生最好的评价！

我们忘不了郭永怀同志，这本文集是一件很好的纪念品，一本很好的学习材料。

（摘自《郭永怀文集》，北京：科学出版社 1982：332－333）

缅怀科学巨星钱学森先生

寇绍全
中国科学技术大学 5907 级四专业学生

2009 年 10 月底，正在做回国准备时，传来了钱学森先生仙逝的噩耗。科学巨星的陨落给我心灵以巨大震撼。

钱先生在 20 世纪 50 年代高瞻远瞩，提出我们要搞国防航空工业，发展喷气和火箭技术，稍后又提出两弹结合的战略目标。正是中央领导采纳了他的战略建议，我们祖国才能以较短时间在导弹、航天等方面取得惊人的进展，不仅迅速增强了国防力量，而且大大提高了中国在世界战略格局中的地位。

为了完成这些战略目标，钱先生组建中国科学院力学研究所，成为首任所长；和清华合办工程力学班，亲自讲课；创办中国科学技术大学以及力学及力学工程系，成为该系的首任系主任。为了完成这些战略目标，他和郭永怀先生一起开创了新中国的近代力学事业，并亲自建立了若干新兴学科领域：空气动力学，喷气推进力学，工程控制论，物理力学，爆炸力学，电磁流体力学等；这些功绩使他成为中国近代力学的开创者和奠基人。

钱先生的战略思想调动了千军万马，在中国大地上进行了搞自己的卫星、自己的导弹的伟大实践。他深入现场，用丰富的力学知识及时分析总结实践中的问题，关键时刻化解疑虑，是当之无愧的“中国航天之父”和“火箭之王”。

1959年，由于仰慕钱学森先生，我报考了中国科学技术大学力学及力学工程系。当年，许多老一辈科学家都来校作报告，钱先生的报告则非常生动活泼。他讲到第一宇宙速度、第二宇宙速度，讲到卫星如何飞离地球、如何进入太空以及在返回途中进入大气层时怎样烧掉外面一层短命结构以保护好需要带回的信息及设备并到达指定地点。他仿佛带领我们在宇宙遨游，使我非常神往。他结合专业知识，教我们学习方法：通过两个材料常数在弹性力学中的重要地位，告诉我们要抓主要矛盾；通过旋转流体为什么会“外热内凉”的事例，教育我们一定要学会自己提出问题并寻求答案。他强调：要熟练掌握计算技术，计算技术是力学研究的重要工具。

钱学森先生是爆炸力学的重要创始人之一。作为首任所长，1958年，钱先生与当时其他所领导一起制定了中国科学院力学研究所“上天，入地，下海，为国民经济服务”的方针。爆炸力学从此在我国生根发芽，开花结果。因此我和我的同学们才有可能学习爆炸力学，并在后来进力学所后参加这方面工作。

钱先生认为，“爆炸的科学技术历来是军事科学技术的一个重要部门。它在工农业生产、工程建筑以及科学研究中的重要应用还是后来的事。可是，现在已经可以明确，它是一门应该大力发展的科学技术了。”他的这些话至今仍有重要现实意义。爆炸科学技术在国民经济建设中有不可替代的作用，仍然应该大力发展。

钱学森先生指出：“爆炸力学专业的目的就是培养能解决高速度地完成巨型土和岩石工程问题的干部。”因此，我们这些受过爆炸力学专业训练的人就是要用爆炸力学的知识来研究、分析、总结土岩爆破

工程中的问题，从而做到比纯经验要能够更高更快地解决问题。

钱先生强调“爆炸的好处是威力大而尤以功率极大为其特点”，“爆炸的缺点是不好控制，好像是破坏力！但那是因为我们还没有掌握它，有些神秘感。一旦掌握了规律，那同样是可以控制好的。”这就是说，我们这些受爆炸力学专业训练的人要努力去掌握爆炸的规律，学好爆炸力学，发展爆炸力学。

钱先生接着指出“这里都有能量转化的问题，而对科学研究来说，特别要求转化过程的精密控制”，“要讲究成本，也就是要讲究效率，所以爆炸要设计得好，要力求能量转化效率高。在这个方面，我们还很差劲，有大量工作要做。另一方面，我们如果能造出价钱低而威力又大的炸药，那也能降低成本。”经过多年的工作实践，我体会到：要把爆破工程做得精，就要对爆破的对象了解得细。地质工作者当前能提供给我们的地质资料对我们来说远不够精细。如果我们能对要爆破的地质材料进行 CT 扫描，详细了解其非均匀结构；在现场配制相应的炸药，对炸药进行非均匀分配，把它们放到相应的位置上；这样就能实现该破碎的破碎，不该损坏的不坏；从而实现能量转化效率高，降低工程成本的目标。这方面的工作我们已有一些开端，但离解决问题还差得远。总之，钱先生的教诲给我们以工作的方向，我们要努力实践，完成他的构想。

我们敬爱的钱学森先生走了，走得十分安详。他一生不为名，不为利；他曾写道：“我作为一名科技工作者，活着的目的就是为人民服务，如果人民最后对我的工作满意的话，那才是最高的奖赏。”他光辉的一生实践了诺言。事实上，他的工作得到了“人民的满意”，得到了“最高的奖赏”。

我们敬爱的钱学森先生走了，他也带着一丝遗憾。他遗憾的是我们的学校至今还缺乏培养杰出人才的机制。我们自己的学校如果能培养出像钱先生这样的战略科学家，能培养出更多的杰出人才，那中

国对世界的贡献就会比今天大得多。这是一个留给我们每一个中国人，特别是我们的教育工作者和负责教育的专门机构的研究课题，也是时代赋予我们义不容辞的责任。

我们敬爱的钱学森先生走了，他给我们后人留下了巨大的精神财富。钱学森先生是一位思想家、战略科学家，他是中国的骄傲。因为有了钱学森，中国才较早地在世界战略格局中取得了令人瞩目的地位。今天，我们纪念钱先生百年诞辰，应当重温他对我们的谆谆教诲，继承他开创的近代力学事业。

作为一代宗师，钱学森先生将永远留在我们心中。他的伟大人格将影响几代人，是我们学生永恒的榜样。

钱学森的大脑袋

力学要发展就必须解除军民分割 改变『判分』标准

陈耀松
北京大学 教授

在欧洲，俗称科学家为大脑袋。钱学森是大科学家，应该是大大脑袋，省了吧，就称大脑袋。抗美援朝后，新中国转入建设，急需发展力学，靠的就是可数的几个大脑袋：钱伟长、周培源、钱学森（当时钱刚回国）……那时，凡是有关力学的活动大家都得到场。当时什么力学活动都参加的小秘书就是我，虽然发言没有我的份，但大脑袋说些什么我都听见了。关于他们的报道已经够多的了，今天我要说的也许是你们没有听到过的事儿，钱对有些问题的真实看法。

1955 年秋钱学森回国，不久就组建力学研究所。当时“友好国家”较少，与国外的科学交流必然也少。波兰科学家英费尔德在科学院总部作报告，我们都要赶进城去“捧场”（他讲的相对论我哪听得懂！）。一次也是波兰科学家卢兹来访，就在中关村力学研究所临时所址，讲的是稀薄空气动力学，我当然得去，在最后一排，与林鸿荪坐在一起。报告完了总得有问有答才像个样，于是林鸿荪就发问了。会议主持人没有弄明白问什么，无法向报告人转述。于是钱先生就跑到后

排来问林。林说“他报告的是一次近似，我就是问算完一次近似后如何算二次”。当时钱小声跟林说了一句“计算二次近似是傻瓜”。现在我的好友林已不在了，“计算二次近似是傻瓜”已成我的独家新闻了。

1956年我国进行十二年科学发展规划——全盘照抄苏联，当然保密制度也是。在进行这个规划前，钱受邀专程到苏联科研机关，特别是军工科研机构访问。回国介绍这次访问时他专门提到苏联军工研究的保密办法：“搞一个封闭盒子，将全部工作人员，包括家属都封在里面，切断与外界的一切联系”。当时我国就是采用这样的保密方法，学校分“系统内”、“系统外”(盒子内、盒子外)。北航、京工是系统内，清华、北大属系统外。这么一分，对清华、北大的力学专业的“联系实际”就成了问题。当时通过组织找国防科委，科委的回答非常有意思，列了一张单子，你们可以研究的“第一个问题是人造卫星回地；第二个问题是……”，成心耍弄人。于是我们就请周培源直接找钱学森“要课题”，都是行家，当然不会耍弄。钱对周的答复是“你们可以在高级近似理论方面做点研究”。大家不妨拿这话与他当年小声跟林鸿荪说的话对比，可以明显看出跟林说的是心里话，跟周老说的只是敷衍而已。国家的保密规定如此，对年龄比他长的周老的回答亦只能如此。

50年前的力学，特别是流体力学，离开军工就很难找到可以联系的“实际”。与实际的联系一切断就只好从文献中找“出路”，好在力学本来数学用得多，于是有潜力的学校都向“应用数学”(这是林家翘后来批评的“数学应用”，不是林心目中的“应用数学”)发展了。至于学生真正的发展只好等分配到“系统内”再学。到不了系统内的就仿照他老师的办法教他的学生，继续作他的“数学游戏”。在“系统外”形成的这条发展道路本是出于对保密制度的无奈，可是教学领导部门又以论文作为提升的标准，由此便使它成为力学工作者谋求发展的唯一“康庄大道”。时而复始，由此筛选出来的“人才”如今又都成为教育界

和科技界的领导，从他们的"出身"看，对"写论文" 只会评价愈来愈高，不会相反。既然以论文"论价"，于是就有了假论文的市场。论文作假要冒被揭露的风险，当然也有它脱险"成功"的几率。作假的水平越高，成功的几率就越大，于是由此亦磨练出一批作假专家。他们作假作到如此程度以致他们自己都不相信居然有好的论文是不作假的。应该说多数论文并非作假，但无学术价值，本不该发表。但有此"市场需要"，就会有这样的杂志，只要你缴高额的"版面费"就能发表。

力学与数学有一个很大的不同。数学讲究自洽，只要能"自圆其说"就可以了。而力学却有明确的要解决的问题作为目标，否则，也在逻辑上打圈圈，被人称为玩数学游戏。现在国内很大一批论文，并未作假，但确实只是在玩游戏。这些作者并非为了消遣，而实是为了"提职称"写文章凑数。国家要崛起，需要解决许多实际问题，刚解放时一批科学家愿意"隐姓埋名"地来干，"两弹一星"不就是这样弄出来的吗？可是在"系统外"培养出来的却不是这样的科学家。陈佳洱同志在自问，"我们国家在科学和教育方面的投入也不少，为什么出不了大科学家?"在我看就是领导的方向错了：鼓励大家去写文章，解决问题的实干派则没有地位。以材料科学为例，如今国内一大批力学家都以研究材料作招牌，但又有几人真为解决国家迫切需要的材料而奋斗？还不都是找个空档写文章。独立研制大型客机已列入国家中长期科技发展的重大项目，大飞机中最大的问题是碳纤材料。如今国外对我国禁售，而国内唯有一家做钓鱼竿的私营企业能生产，当然离飞机制造要求还差之千里。另一方面，国内几乎所有力学以及材料院所每一家都把研制新材料作为"重点"。国家为此拨出了大量的科研经费，"回报"的又是什么？还不就是那些没有用的论文！如果不改变这一错误的鼓励机制，想要有自主产权的飞机就根本不可能。

《钱学森文集》后记

《钱学森文集》编译审订组

科学大师钱学森离开我们已经整整一年，人们在深切地怀念这位人民的科学家，这本《钱学森文集》(中文版)是对他的最好的纪念。

钱学森先生给我们留下了宝贵的精神财富，他是上一世纪航空航天事业的开拓者之一，在空气动力学、火箭动力学和其他科学领域做出了杰出贡献，一生著述颇丰。1991 年，科学出版社出版了《钱学森文集(1938—1956)》(王寿云主编)，汇集了钱先生在 1938 年到 1956 年间发表的 51 篇科学论文(英文版)。为了使大家更好地学习钱先生的著述，产生了将这本文集翻译成中文的需求。于是，《钱学森文集》(中文版)应运而生。

编译这本文集的发起人和组织者是我们敬爱的李佩先生。早在两年前，她就接受了钱学森先生的嘱托，着手进行实际工作。李先生一声召唤，过去在钱学森领导下工作、学习过的人们(有不少是她的旧日学生)迅速地汇集在她身边。李佩先生亲自召集六次专题座谈会，细致入微地研究了文集的编辑思路、译校原则和具体分工，依托她担任顾问的

中科院力学所翻译工作协会，相关工作有条不紊地开展起来了。

正当文集编译工作在紧锣密鼓地进行之时，传来了钱学森先生辞世的消息，大家万分悲恸，决心加倍努力，把手头的工作尽善尽美地做好。

文集的初稿完成之后，决定将此文集交由钱先生的大学母校来出版。上海交通大学出版社将出版这一文集的工作作为重点工程，不惜工本，投入人力物力，决心推出以与大师著述相称的精品。

按照李佩先生的要求，在 2010 年 9 月 20—26 日，在前面五审五校的基础上，组织召集了由中科院力学所译协和出版社的精兵强将参加的审订会，对文稿进行了精心的逐字逐句的六审六校，尽力把《文集》的质量达到最高的水平。

几十位参编人员的共同体会是：编译《文集》的过程也是一个很好的学习过程，大家不仅乘机研读了钱学森先生的许多开创性的论文，而且领略了大师的智慧和精神，对钱先生所倡导的技术科学的思想有了更为深刻的了解。同时，大家还发现，钱学森先生的文字表达能力极强，对于空气动力学、火箭动力学、物理力学等方面的叙述，深入浅出，鲜明生动，物理上数学上都极其清晰，不少原创性论文可以用做极好的入门教材。

诚如郑哲敏院士在《文集》的序言中所说，“不仅力学工作者可以从阅读《文集》中得益，其他领域的科学家、相关领域的工程师、教育家、科学史和工程技术史专家、科学和技术管理专家等也都可以从中得到有益的知识。”

本《文集》的出版得到了国防科工委、中国科学院和上海交通大学领导的全力支持，谨致深切的谢意！

尽管我们尽了最大的努力，《文集》中一定还存在失当之处，敬请读者指正。

《钱学森文集》编辑手记

刘佩英
上海交通大学出版社

2012年4月16日上午10:30,伦敦伯爵宫国际书展,本期“市场焦点”中国主宾国的重要活动——《钱学森文集(1938—1956)》全球首发式在中央活动区隆重举行。国家新闻出版总署署长柳斌杰,国际出版商协会主席、爱思唯尔(Elsevier)出版集团董事长池永硕(Y. S. Chi),上海交通大学党委书记马德秀等大批嘉宾出席并发表讲话,各路媒体记者蜂拥而来,纷纷把镜头对准了这个中国高端学术走向世界的一刻。

柳斌杰署长说,钱学森先生是享誉海内外的杰出科学家和中国航天事业的奠基人,也是世界航空航天事业的重要开拓者。《钱学森文集(1938—1956)》的出版得到了国家出版专项基金的资助,是继承、开发钱学森思想遗产的重要成果之一。上海交通大学出版社携同中科院数十位专家学者,重新编译原作,着力打造精品,在国内推出《钱学森文集》中、英文版,又携手爱思唯尔出版集团共同出版国际版。不仅为中国、也为世界做了一件意义重大、功不可没的工作,是中国精品图

书走向世界的最新重要成果。

一个运作了 4 年的出版谋划

说起这套书的出版，应该追溯到 2007 年。

2007 年，上海交大社的社领导跟钱老的儿子钱永刚先生见面，大家谈到，现在的媒体往往关注钱学森回国后在“两弹一星”上的贡献，而钱学森的学术思想、教育思想、工程科学的思想宣传得并不充分。比如说，钱老与他的导师冯·卡门共同完成了高速空气动力学问题研究课题，提出了“卡门-钱”公式，28 岁时就成为世界知名的空气动力学家。之后，钱老在火箭与推进、物理力学等方面开创了卓有成效的研究，在国际力学界和航空界产生了很大的影响。他的工程科学思想在他的海外文献中也多有体现。

准确地记录科学家们、思想家们重要的科学发现、思想成果、技术创新，是职业出版人的崇高追求。上海交大出版社这些年一直致力于高端学术图书的出版，并着眼于把中国的学术图书介绍到国外去，打造中国学术走向世界的桥头堡。2011 年是钱老的百年诞辰，交大出版社理应在这个重大的纪念日子里奉献出钱学森图书的精品力作来。

整理、出版钱老的重要海外学术著作！就这样，一个苦乐兼收的四年出版谋划被提上了议程。

一个平均年龄超过 75 岁的编译队伍

说起来，《钱学森文集》并不是第一次在国内出版。1991 年，钱学森的学术秘书王寿云曾将之整理成册，由钱老亲自审定，由科学出版社推出。由于时间已过 20 年，已存版本稀少，书中有些内容因为影印的原因不符合现代出版规范，很有必要重新排校出版，并且当初只有

钱老的原作英文版。为了让广大读者能够直接阅读、领会并研究钱学森早年的科学成就，中文版的推出也迫在眉睫。

这个文集里的51篇文章，都是经过钱老亲自审定的，可以说全面地代表了钱老在1938—1956年间海外求学和工作生涯的学术贡献。他写的学术文章，曾经被他的美国学生当成范文背诵；他撰写的学术论著，严格按照国际上的学术规范。对这样一个几乎完美的科学巨人，如何对他的文章进行翻译，这对译者和组织者本身的水平提出了非常苛刻的要求。

钱学森归国后，在中科院力学研究所长期担任着领导职务。这里有一批热爱他的朋友和学生，可以说是他的娘家。李佩先生是中国科技翻译学的创始人，曾长期担任中国科技大学和中国科学院研究生院的英语教授。她是郭永怀先生的夫人，曾经跟钱老和钱夫人蒋英有着深切的友谊。

就这样，很自然地想到了请李佩先生和她的朋友、学生来担当译者队伍。李先生不顾年老体弱，义无反顾地承担了这份重任。李先生是极其有人格魅力的人，尽管已经90多岁的高龄，但是她依然活跃在中关村的这片科技热土上。在李先生的号召下，很快地组织齐了翻译队伍。其中有中国科学院院士、工程院院士，美国国家工程科学院外籍院士郑哲敏先生；一批知名教授、研究员如谈庆明、陈允明、戴世强、王克仁、沈青（已经因病去世）、崔季平、周显初；还有李家春院士等27人。这个编译团队，平均年龄达75岁以上。

无数次地讨论分析，无数遍地查阅原稿和资料，李佩先生和她的翻译队伍埋头苦干，工作认真到几乎严苛的地步。大家对钱老都有一种发自内心的热爱，对钱老的作品出版要求不能出一点差错，既要尊重、理解钱老原有的表述，又要对其中可能的谬误进行分析、勘正。每周三一次集体讨论会，几乎成了这个团队四年来雷打不动的活动。大家把翻译过程遇到的问题、质疑，拿出来一起讨论分析，集思广益，最

后确定处理方案。

出版社也是选出精兵强将来负责这本书稿，请理工科技书稿的资深编辑来负责书稿审阅，请“世界最美图书奖”设计者来做封面设计，请实力雄厚的排版公司来负责排版校对。一切都按照最高标准来走完出版流程：六审六校、全部用电脑软件重新描图、内页用进口的纯质纸，等等。

最后，当新鲜出炉的图书送到北京中科院力学研究所里，本书主编李佩先生抚摩着这两本厚厚的图书，仔细检查着印制、装订、墨彩、纸质，然后对她的编委会成员说：“这个，我很满意。”

一个中外文化交流、合作出版的实践

《钱学森文集(1938—1956)》收集了钱学森的重要学术论文 51 篇，涉及空气动力学、壳体稳定性、火箭弹道和发动机分析、喷气推进、工程控制论、物理力学等领域。当初这些文章都是钱老在美国学习和工作期间用英文撰写并发表在国际期刊或提交给国际学术会议的论文，解决了航空航天领域一系列关键问题，对世界航空航天科技发展具有重要意义。钱老的学术不管在当时，还在现在，都具有重要的学术价值和资料价值。钱老是中国唯一获得“杰出贡献科学家”荣誉的科技工作者，他的经典著作在国内整理出版后，理应要带头“走出去”，引领华人学术走向世界。

上海交大出版社为此目标暗下决心。

早在三年前，上海交大出版社就和爱思唯尔出版集团携手，在法兰克福书展上，合作推出了中国前国家主席、上海交通大学教授江泽民先生的《论中国信息技术产业发展》和《中国能源问题研究》两部重要著作的英文版并举行了首发式。为帮助外国读者了解当代中国领袖人物的政治见解和学术思想，更深入地认识中国的发展道路和艰难

历程，发挥了积极的作用。

2012 年的伦敦书展，是中共十七届六中全会推出文化决策后的一次重要的文化全球亮相。推出中国文化的精品，展示中国的高科技形象，是此次书展的题中之义。

上海交大社决定利用这次中国主宾国的机会，倾力推介《钱学森文集》一书。爱思唯尔出版集团也慧眼识珠，很快在该文集国际版的伦敦全球首发方面达成了合作协议。

经过艰辛的准备工作，《钱学森文集》国际版在伦敦书展成功亮相，为中外文化的交流、中外出版机构的战略合作树立了一个成功的典范。

从物理力学起落看钱学森学术思想

王卉 张巧玲 潘希
科学时报 记者

"钱先生虽然走了,但他是高瞻远瞩、预见性很强的人,在学术方面考虑的问题很多。为此,除了纪念他为解决当时国家所急需的工程技术任务等作出的贡献之外,我们也要讨论和反思,在他的身上,还有哪些是今天可以借鉴,而且今后很长时期对我国经济和国防建设还能作出贡献的思想和理念。"正是出于这一目的,日前,作为"两弹一星"元勋郭永怀先生的夫人,年届90岁仍然精神矍铄的李佩先生协助《科学时报》记者,组织了一场关于钱学森先生学术思想的座谈会。

"'科学巨匠'的提法好,而不只是沿用现在通常所说的'航空航天之父'。"指着当天《中国青年报》关于钱学森先生的一篇报道,李佩对《科学时报》记者表示。

钱学森很有预见性

郑哲敏院士是钱学森当年在美国加州理工学院带的博士生。郑

哲敏记得,1958 年,“三峡试验坝”要上马时,中国科学院组织成立了三峡科研领导小组,组长是中科院副院长张劲夫,钱学森是这个小组的成员之一。当年三峡大坝单台机组的目标发电能力高达 100 万千瓦,这在当时世界是没有的,是个巨大的水利枢纽。那时,世界水轮机组的水平大概最多不超过 20 万千瓦量级。钱学森当时就提出,我们的目标应该是发展百万千瓦量级水轮机组。当时有些工业界的人士,包括水利界人士都认为很不可思议。钱学森却认为有这个可能,他还画图作了说明。那时,力学所还建立了水轮机流体力学研究组,郑哲敏也参加了这个研究组的工作。“当时我们还不敢替工业部门做这个工作,我们当时水轮机组能力只有 50 万千瓦。不过,现在实现了 70 万千瓦,与钱先生 1958 年说的 100 万千瓦已没有本质差别。这可以看出钱先生有很强的预见性。”郑哲敏说。郑哲敏表示,大水轮机组的特点是机组少、效率高。同样的流量,太小的机组,摩擦力会很大,效率会降低。所以,这对我国整个重型机械的制造、高精密装备的制造都有很大的带动作用。比如大型水轮机组需要很好的技术、很好的冷却方案,等等。1978 年,钱学森在和力学所研究员崔季平、陈致英谈到物理力学规划时,曾谈到生命科学在 21 世纪可能获得突破性进展,中国人有可能在生命科学这个领域获得诺贝尔奖。当时,得到钱学森重视的,还有计算机的发展。“他的脑子很活,想得很深远。关注领域很宽,很多人都佩服他。”陈致英说。

为什么要研究物理力学

郑哲敏介绍,在美国时,钱学森正是因为有一系列参与火箭方面工作的知识、经验储备,所以参与了美国国家级相关规划的工作。其中陆军航空部门阿诺德上将让冯·卡门和钱学森等组织一个考察组去德国考察,钱先生参与其中。回美国后他们写出了 13 卷的规划书

《迈向新高度》,被认为对战后美国空军的发展具有指导意义。这套书钱先生撰写了五卷中的主要部分,其中包括火箭、喷气推进、冲压式发动机、超声速箭形翼导弹以及核动力飞行的可能性等内容。郑哲敏曾上过钱先生工程控制论和物理力学的课,他回忆了当时钱学森对开展力学研究的一些思考。钱学森认为,传统的物理研究大多数做实验,但在高温、高压的情况下,那些物理化学过程没办法做实验,也没办法观察,所以应从基本的物理知识,如量子力学、统计力学、光谱学等开始研究。郑哲敏表示,钱先生有很多创新性的想法,比如他认为物理力学不仅是物理界的问题。全世界科学技术发展到现在,都要以基本的数学和物理为基础,而且各类学科都需要;包括高新技术,都要以基本的物理、化学理论为基础。

《科学时报》记者是在随同力学所研究人员前往钱学森家吊唁时,采访到陈致英的。陈致英就是做物理力学研究的,曾经是高压气体组的组长。陈致英在 1956 年考上钱学森的研究生。当时钱学森招了六七个专业、十多个学生,那时一般老师只带一两个学生。1956 年建立力学学科时,国家提出向科学进军,钱学森想把力学做上去,其中就包括物理力学、化学流体力学等。那么多专业,他不可能都亲自带,陈致英后来实际是在时任力学所副所长郭永怀的指导下作物理力学研究的。当时物理力学分了四个方向:高温气体、高压气体、高压固体以及临界态和超临界态。基本都是要解决火箭、两弹中的问题。陈致英表示,这些都是钱学森从学科角度提出的,但也有工程目的和工程背景,他的学术思想超前很多。"两弹和火箭研究,不只有军事用途,也是开发星际空间必走的一步,否则我们不可能到外星上去。"陈致英说。陈致英表示,物理力学概念是钱学森提出来的,现在很多力学分支,虽然自觉不自觉地在使用这个概念,但不等于就有了这个学科发展的推动力。现在看来好像遍地开花,但没有科学组织的推动,没有这个学科的设置,就缺乏发展的动力。如果当年物理力学能坚持下来,有科学

组织的推动，这个学科的成就会更大一些。钱学森很重视基础研究，有很深远的工程目的，这种思想方法叫工程科学或技术科学。工程科学不是纯理论的，也不是仅搞工程技术，当时提出的物理力学的四个主题都是希望应用基本的物理原理解决技术中复杂而困难的问题。比如超临界态是物理力学的一个方面，是燃烧过程中的一个状态，钱学森这样的大师在 1961 年就考虑要发展这个研究方向了。20 世纪 70 年代，美国在这方面的研究成果获得了诺贝尔物理学奖，然而此时中国一些与此相关的研究人员正“上山砍柴”、“与工农结合”，物理力学的工作被迫停止。

推动物理力学的发展

中国科学院力学所研究员崔季平是第一批跟钱学森学习物理力学的弟子，后来又在力学所负责物理力学研究室。崔季平表示，钱学森回国后不久，被周总理委托领导制定十二年科学发展远景规划，规划的最后一项是若干边缘学科的建立，其中就有物理力学，这是钱先生的意见。“制定到科学发展规划中，是比较严肃的事，也表现了他言必信、行必果的风格。”崔季平说。原中科院科海公司副总裁刘剑峰说，1958 年，中国科大化学物理系设立了物理力学专业，该系的主任就是钱学森要好的朋友郭永怀。这个系的学生在物理、化学、数学等方面的基础比较扎实，有三届毕业生被分配到力学所，组成了物理力学研究室，钱学森几乎每周都要到研究室参加研究讨论。“他告诉我们，现在人类对微观世界了解比较深，可以通过微观机理解决特殊条件下的宏观问题。”刘剑峰说。1961 年，中国科大物理力学专业三年级学生该上专业课了，郭永怀派崔季平去，但崔季平发现此时相关研究支持还不够，于是很着急。钱学森说：“你们不用害怕，有我呢，讲义早就准备好了。”钱学森还把以前的研究人员召集起来组成小组，包括

专业课、辅导课在内的课程都作了精心准备。“在科大开设火箭技术概论、物理力学等专业课程，体现了钱学森领导科学事业的一种胸怀，体现了钱老的胆识和魄力。让我折服，跟着他做事很放心。”崔季平说。崔季平表示，对物理力学的再认识，是始于研读20世纪90年代郑哲敏从美国带回来的那批钱学森的手稿。李佩认为，应该将这批手稿整理成中文，有些事有重新认识的必要。崔季平表示，从物理化学家们的工作到工程技术，其间应该有工程科学起作用，跨不出这一步，在工程中就没办法用。这是钱先生对有人诟病他物理力学是物理化学的一种反击。“通过这样的处理，把化学家处理的问题发展到工程应用中去，这个过程就是力学的范畴。”崔季平说。

中国科大原教务处处长任之恕说，中国科大在1958年刚开始的课程上，很多名家来上课，这和钱先生说要打好基础的意见是分不开的。1961年9月，钱学森给中国科大学生讲授《火箭技术导论》，许多北大、清华、北航等院校的老师以及力学所、自动化所、物理所、电子所的一批专业人员400多人来听课。教材是他自己写的，蝇头小楷，非常规整、秀气。钱学森先生是中国科技大学的首倡者和创办人之一，他的理工结合的教学思想也影响了整个科大。

基础科研发展受制于外部因素

崔季平表示，物理力学的发展实际上经历了“三上三下”。1956年开始招物理力学相关学生，1958年“大跃进”，学科取消了；1961年调整及巩固、充实、提高，又开始在中国科技大学开设这一专业，招收了三届学生，当时共招收了50多个学生，后来又撤销，以后科大再没有招收物理力学专业的学生；1979年再次恢复，但1993年又取消。刘剑峰表示，钱学森很早就重视物理力学，看到了力学的发展方向，但可惜，几十年过去了，我们在物理力学研究方面没有得到应有的发展。

崔季平表示，随着年龄的增长，碰到的事情多了，回过头来想，钱先生物理力学的思想确实是超前的，想在更为基础性的微观基础上来推进工程技术的发展。钱学森有更大的雄心，他当时对郭永怀说，要对飞行器周围极高温度下各种物理化学问题，包括高温气体等都要进行研究。崔季平表示，在急功近利的氛围下，对基础学科的建设没有力行，一些想法没有得到支持。唯一剩下的一个小分支，就是高温气体，因为郭永怀先生在最初保护了一下而得以幸存。“一个最大的失败，是学科建设上我们没有往前推进。最近读了钱先生手稿，更加有感触。最后物理力学面临解体时，我给钱先生写了封信，他说你要顶住。当然最终还是面对被取消的命运。”崔季平说。李佩表示：“国内科研有时与政治、社会氛围有关，如果当时能坚持走下去，可能现在的情况会大不一样。在急功近利的氛围下，基础科学在一些时候无法得到应有的发展，有些甚至消亡。爆炸力学、物理力学、等离子体力学在 1993 年被取消了，这是非常短视的事情。做科学研究不能以能不能拿到钱为主要目标。”

中国科学院力学研究所研究员谈庆明认为，钱学森的宏观与微观相结合、学科之间要交叉的这两个思想，正反映在被取消的这三个交叉学科中。谈庆明表示，物理力学是钱先生最心爱的学科，也是他花费了最多精力的一块。可惜最后因为上面要求研究所要自己养活自己，终于彻底解散了物理力学研究室。后来研究队伍也在一定程度上受到影响。各类工作的人才都需要老中青相结合，才能传帮带，但实际上很多好想法都实现不了。谈庆明表示，钱先生是考虑用最少的人力、物力，能够干更多事情，他开始研究的是火车头，后来一步步转向飞机、导弹，然后是工程控制论、运筹学、管理科学直到系统科学，追求的就是低耗而高效。谈庆明说：“钱先生给中央提了怎么发展高科技的问题。但从科学研究到技术开发再到产品生产是一个链条，中间环节均由政府政策控制，我们科学家就管第一步，科学研究的‘产品’是

规律，是软件，不是去制造实体产品，不搞硬件。不能依靠中国科学院自己开公司养活自己来支持科研。”

人才培养要讲“理工文艺”四合一

谈庆明表示，钱学森最忧心忡忡的事情之一，是中国的科学怎么发展上去，关键是人才培养问题，对此他与温家宝总理谈过好几次。其中，钱学森就提到过，不仅要理工合一，而且要“理工文艺”四合一。

1958 年春天，钱学森提出建立一个“星际航行学院”，以培养自己的后备人才，并上报中科院。时任中科院院长郭沫若召开院务会议商讨此事，引起与会人员共鸣，一致认为“太需要”了，而且不只是力学所，整个中科院都急需这样一个人才培养基地，应该建一个集综合性、前沿性、尖端性于一身的“理实交融”的大学，中国科大就此横空出世。“中国科学技术大学是真正由我国自己创办的一所理工结合的大学。”李佩说。当时郭沫若担任第一任校长。筹备科大，一共只给了三个月的时间。刚刚成立时，连教室都没有，只好借用北京玉泉路政治学院二部给新生当教室和校舍。之前，就读于北京大学的谈庆明，在 1952 年入学时正赶上院系调整。谈庆明说：“把全国的大学砍胳膊砍腿儿，北京大学只剩下文、理，清华大学只剩工科。”钱学森认为不行，应理工合一。后来他的思想进一步发展，认为应“理工文艺”四合一，逻辑思维、形象思维要结合在一起。他自己就感觉音乐与数学、物理有内在关联。谈庆明说：“钱先生后来做保密工作，被保护起来，我们没办法跟他接触交流。”谈庆明表示，关键问题是人才问题，讨论要自由，问题越辩越明，这个作风也是冯·卡门组织钱学森他们参加科学讨论会的一种作风。当时钱学森工资比较高，一个月 300 多元，他拿出钱来，让把北京市最好的糕点买来，然后开每周一次的讨论会，他请全国第一流的专家来作报告，包括工业领域的专家。“这个讨论会上，专门挑

问题，越讨论越明，社会需求怎么样，工业需求怎么样，我们科学是不是到了可以解决这个问题的地步。"谈庆明说，"这个会没有大没有小，谁都可以发言。"

谁来负责用高科技改造我们的工业

谈庆明在北大时的导师林鸿荪是帮钱学森建力学所时的助手。钱学森给他的任务是建一个新学科——化学流体力学，是将流体力学与化学反应机制相结合。目的是要改造整个化工和冶金专业。钱学森主张，我们要同化工和冶金部门一起来研究，后来由于"整风"、"反右"、"大跃进"等的影响，没有做成。

去年经济危机后，温家宝总理提出要转型，从劳动密集型转到高科技型，要促进内销，扩大内需。"这怎么来实现？基础投资在哪里？为发展高技术服务的工程科学要不要研究？每到年底，科学界以发了多少篇文章、弄了多少钱来作为绩效和考核，这怎么行？"谈庆明说。郑哲敏此前也多次强调，现在科研资金是多一些了，但有些研究人员和学生，就热衷于在计算机上算一算，发发文章。文章数量很多，但很多发表的文章既没有学术价值，也没有技术价值。"现在各省市都在搞风力发电项目，但都在用老技术做，是要亏本的，因为成本太高，钱哗哗花下去，谁收场？谁问责？应该重视研究用新的技术和科学解决能源问题。"谈庆明追问，"谁能负责把钱先生更高的思想落实下去改造我们的工业呢？"谈庆明介绍，钱先生提到的"二战"中发展起来的雷达、原子弹，都是从国家层面组织顶尖的人来做的，是国家级工程科学的例子。钱学森后来进一步主张国家的规划要把最好的科学家和工程师、经济管理专家组织起来，组成一个专家委员会，成为总体设计部，利用大的计算机和各种各样的模型来预估和推演，以求取得最优的国家发展方案。谈庆明后来在与郑哲敏一起整理钱学森手稿时，有

些问题想得更清楚了。“从火车头到飞机，到火箭，到导弹，他的思想完全是统一的，发动机和化学反应器与冶金炉本质上是一回事，完全可以连续作业和自动控制，也慢慢明白了那时钱学森先生为什么提出我们要改造整个化学工业、冶金工业。”谈庆明说。“钱先生站得高，看得远，这样的想法他太多了，但我们没有去实现。但愿我们在追思钱先生未完成的宏伟遗愿之后，多做些让他在天之灵能够欣慰的实事吧！”谈庆明说。

第十四届全国科技翻译研讨会发言稿

李伟格
中国科学院科技翻译协会秘书长、《中国科技翻译》副主编

昨天，在周三的例会上，在我临上火车前，中国科学院科技翻译协会的负责人、93 岁的李佩先生特地交给我了一封贺信，敬祝第十四届全国科技翻译研讨会圆满成功！

李佩先生是我国应用语言学的创始人，她于 1986 年创办了中国科学院科技翻译工作者协会，并委托李亚舒教授负责科技翻译协会的工作。

作为研究生院外语系的开拓者，在参加中国译协举办的活动中，李佩先生见到李赋宁、王佐良、周钰良等人在谈论文学方面的翻译问题时，就向主持人姜椿芳提议应重视科技翻译。她深深体会到学外语的人搞翻译，首先要学专业知识，至少要磨炼十年才能既懂这门学科，又能用所掌握的外文翻译科技文章。随后就向姜椿芳书面报告说明翻译工作是一门学问，应该有技术职称，不能只是个办事员。她首先在国内第一个提出了采用译审、副译审称号。随后经领导批示同意，国家人事部正式确定了她首先所提议的翻译系列职称。在座的翻译、

译审、副译审，今天能有翻译系列名正言顺的职称，大家不能忘了是李先生的功劳。

1988 年《中国科技翻译》杂志创办。李佩先生找胡启恒与韩国翻译家方坤以及日本翻译家经过多次讨论，把《中国科技翻译》杂志推荐到了国际译联的年会上，并获得了 1990—1993 年度最佳国家级翻译期刊奖，使中国的翻译工作者在国际译联获得了一席之地。

之后多年，李佩先生又培养了一批科学家的翻译队伍。

今年是钱学森的百年诞辰。钱学森离开我们已经两年了。三年前钱永刚教授受他父亲委托，将翻译《钱学森文集》的重任敬请李佩先生来担纲，90 岁高龄的李先生立即组织以中国科学院科技翻译工作者协会力学所译协的科学家为主，担当此任者中不乏钱先生的嫡传弟子、协助钱先生早期授课的助教和 20 世纪 50 年代亲身参加钱先生主办的力学班的学生，包括钱先生创建的各个力学分支学科和自动化科学的多个领域的专家。李佩先生深信自己培养出来的这批外语精英能理解钱学森的“工程科学”思想和创新思维。

在当初的动员会上，她说为宣传钱学森我会不惜名、不惜力、不惜一切代价把事情做好。实际上也只有李佩先生能把这些专家组织起来，在座的王克仁研究员(现任全国科学技术名词委员会委员、力学名词审定委员会副主任)的外语就是李先生培养起来的。他的英文、中文底子都非常好，他说 20 世纪 60 年代李先生在科技大学教英文时就要求他们读懂《双城记》、《傲慢与偏见》等名著，当时的底子打得好。李先生的学生中：李家春院士也曾对我说过他受李先生影响，看了不少英文小说，文革中不让搞科研就转到英语行当中来；陈允明一年之内翻译出版的图书就有 7 本；戴世强更是才华横溢，阅读英文的速度可谓一目十行，过目不忘；谈庆明教授搞翻译也是被李先生逼出来的，他与郑哲敏院士整理、编译的《钱学森手稿》获得过出版金奖。这次他很快又投入到了翻译与策划《钱学森文集》中来了。在翻译过程中，他

考虑了不少问题，成为了一位名副其实的研究钱学森的专家。在他的主旨的发言中，大家能听到他对“钱学森之问”的“回答”。

钱老对待科研的态度，对我们、对年轻人，特别是对当前的整个社会的浮躁起着正面教育、震撼的作用。我们这支翻译队伍20来人，在李佩先生的带领下，不仅原汁原味地将钱老的英文翻译成了中文，还搜寻、参考了他的其他著作，修正了原书印刷错误和疏漏，补充了他讲课时在讲义上所作的注解，更特意加上译者注，以便读者更好地领会钱老的学术思想。李佩先生每周三组织例会，审读、讨论中英文稿中的公式和符号是否正确。2010年中秋节期间还派我们5个人去上海交大出版社去审校第五稿，今年又经过了六审六校，终于使文集成为了精品。

前天出版社刘佩英来短信说《钱学森文集》出版了，说该书“漂亮、大气”！本月30号要在力学所搞首发式和译者座谈会。

我不多说了，下面大家从谈庆明教授的主旨发言中很快就会先饱耳福。现在我宣读李佩先生的贺信。

贺　信

敬致第十四届全国科技翻译研讨会

获悉贵会在广州举行专题研讨会并评选优秀论文，涉及科技翻译的理论与实践诸多问题，对贵会的钻研精神，深为感佩。相信参加大会的成员定能获益良多。

本人仅代表中国科学院科技翻译工作者协会敬祝大会圆满成功！

中国科学院科技翻译工作者协会　李　佩

2011年11月16日

[General Information]
书名=钱学森科学和教育思想研究文集
作者=李佩
SS号=13546885
出版日期=2014